V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

BAND 71

EINUNDSIEBZIGSTER JAHRGANG
ERSTES HALBJAHR

1927

MIT RUND
2000 ABBILDUNGEN IM TEXT
UND 4 TEXTBLÄTTERN

INHALT DER FORSCHUNGSARBEITEN, HEFT 292 BIS 295
AUSZUG AUS DEM INHALT DER VDI-NACHRICHTEN

VDI-VERLAG G.M.B.H. BERLIN NW7

Namenverzeichnis

* = Abbildung im Text; A = Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung.

Sachverzeichnis

* = Abbildung im Text; A = Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung.

Textblattverzeichnis

Fachhefte

Inhalt der im ersten Halbjahr 1927 herausgegebenen

Mitteilungen über Forschungsarbeiten

auf dem Gebiete des Ingenieurwesens.

Heft 292: Rönne: Krümmungen zylindrischer Kesselteile während des Betriebes.

Temperaturunterschiede in Kesselwandungen. Formänderungen und Spannungen, die auf die Temperaturunterschiede in Kesselwandungen zurückzuführen sind. Größen der Formänderungen und Spannungen im Kessel während des täglichen Betriebes. Kesselschäden infolge von Formänderungen und Spannungen und ihre Vermeidung.

Heft 293: Berling-Rössler: Festigkeitsuntersuchungen zur Normung der Stahl-Aluminium-Seile.

Normenblatt. Durchhangsberechnung der Stahl-Aluminium-Seile. Berechnung des günstigsten Querschnittverhältnisses. Versuche. Nachprüfung der Formel zur Berechnung des Durchhanges. Zahlenbeispiel.

Heft 294: Traeger: Anlaßvorgänge in abgeschreckten Kohlenstoffstählen.

Durch Messung der Längenänderungen gehärteter Kohlenstoffstähle beim Anlassen wird nachgewiesen, daß der Anlaßvorgang in drei getrennten Stufen verläuft, die bei rd. 100°, 235° und 275° beginnen. Der Verlauf der Vorgänge zeigt, daß es sich um Umwandlungen im Stahl handelt. Durch Vergleich mit andern Eigenschaftsänderungen ergibt sich die Theorie, daß beim Anlassen Martensit und Austenit über eine Zwischenphase ζ, die kennzeichnende Eigenschaften aufweist, in α-Eisen und Eisenkarbid übergehen. Aus der Erkenntnis der Vorgänge beim Anlassen ergeben sich Hinweise für die Wärmebehandlung von Stählen.

Heft 295: Jubiläums-Forschungsheft, C. v. Bach gewidmet.

Baumann: Die Elastizität von Sonderstählen in höherer Temperatur. Berl, Staudinger, Plagge: Untersuchungen über die Einwirkung von Natronlauge und verschiedenen andren Salzen auf Eisen. Goerens, Mailänder: Kalt- und Warmsprödigkeit von Stahl und einigen andren Metallen beim Zugversuch. Beobachtungen über die Streckgrenze von Stahl. Graf: Die wichtigsten Ergebnisse der in den Jahren 1906 bis 1926 in der Material-Prüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart ausgeführten Versuche über Raumänderungen von Zement, Zementmörtel, Beton, Eisenbeton, Kalk und Kalkmörtel (Schrumpfen, Schwinden, Quellen). Kleinlogel: Zur Frage der Berechnung von Mastgründungen größerer Abmessungen unter schwierigen Bodenverhältnissen. Ludwik: Gleit- und Reißfestigkeit. Meyer: Der Verlauf des Zugversuches bei raschem Zerreißen. Moser: Grundsätzliches zur Streckgrenze. Pfleiderer: Untersuchungen aus dem Gebiet der Kreiselradmaschinen. Wüst, Leihener: Beitrag zur Frage des Wachsens von Gußeisen.

VDI-Nachrichten

Aus dem Inhalt des ersten Halbjahres 1927

In Anbetracht der großen Zahl der Beiträge und Mitteilungen in den VDI-Nachrichten kann nachstehend nur ein Teil der Beiträge nachgewiesen werden.

* bedeutet Abbildung im Text. W bedeutet Aufsatz in der Beilage „Wirtschaft".

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 1. JANUAR 1927 NR. 1

Feinheit und Struktur des Kohlenstaubs

Von P. Rosin, Dresden, und E. Rammler, Freiberg

Aus einem Bericht des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates[1])

Mahlfeinheit und Brenneignung — Staubzusammensetzung in Abhängigkeit von Kohlensorte und Mahlweise — Kornverteilungskurven von Kohlenstaub — Struktur des Kohlenstaubes in Abhängigkeit von Mahlweise und Kohlensorte

Zweck der Vermahlung ist, den Brennstoff in die für Kohlenstaubfeuerungen geeignetste Form überzuführen. Die Grundlage jeder Mühlenbeurteilung sind daher die feuerungstechnischen Eigenschaften des erzeugten Kohlenstaubes. Hierzu treten dann Erwägungen wirtschaftlicher Art, Arbeitsbedarf, Anlage- und Betriebskosten. Die Vermahlung ist also niemals Selbstzweck, und es wäre falsch, sie als Sondergebiet zu betrachten. Die Mahlanlage ist der Puffer im System der Staubfeuerung; sie muß die Verschiedenartigkeit der Brennstoffe durch entsprechende Mahlfeinheit ausgleichen und darüber hinaus besonderen Anforderungen an die Verbrennungsleistung durch Abstimmung der Feinheit gerecht werden können.

Es ist daher nötig, den Begriff der Brenneignung von Kohlenstaub, soweit er von der Vermahlung abhängt, näher zu erläutern. Der Staubverbrennungsvorgang ist eine Oberflächenreaktion; die Geschwindigkeit, mit der diese sich abwickelt, hängt also von der spezifischen Oberfläche, d. h. der Mahlfeinheit des Kohlenstaubes, ab. In jeder Kohlenstaubfeuerung muß durch einen kräftigen Anstoß zur Verbrennung die Temperatur der Staubteile möglichst rasch so hoch getrieben werden, daß die bei ihrer Verbrennung freiwerdende Wärme allein genügt, den Verbrennungsvorgang mit hinreichender Geschwindigkeit aufrecht zu erhalten. Dieser Anstoß muß um so kraftvoller sein, je stärker der Feuerraum gekühlt ist. Gasgehalt und Mahlfeinheit sind hierbei ausschlaggebend. Da die kleineren Staubteile schneller zünden und in kürzerer Zeit verbrennen als die größeren, so kann ein gewisser Gehalt an feinstem Staub auch einen Teil brennbaren Gases ersetzen. Hieraus folgt, daß der Gehalt an feinstem Staub um so höher sein sollte, je gasärmer der Brennstoff ist und je stärker die Wände der Feuerräume gekühlt sind.

Diese Feststellungen beziehen sich nur auf den Anstoß zur Verbrennung. Wenn dagegen das Verbrennungsgleichgewicht erreicht oder überschritten ist, d. h. wenn die in der Zeiteinheit freiwerdende Wärme mindestens ebensogroß ist wie die an das Arbeitsgut (Heizflächen oder Ofeneinsatz) abgegebene, so daß also die zur hinreichenden Verbrennungsgeschwindigkeit erforderliche Temperatur unverändert bleibt, so spielt die Größe der verbrennenden Staubkörner keine Rolle mehr. Sie wird nur bestimmt durch die Forderung, daß ein der Brennzeit entsprechender freier Brennweg vorhanden sein muß, so daß die Staubteile vor dem vollständigen Ausbrand nicht auf die Heizflächen stoßen oder sich ablagern. Als zulässige obere Korngröße muß bei den üblichen Abmessungen der Feuerräume die der Maschenweite des 900er Siebes[2]) entsprechende gelten. Kohlenstaub darf also auf dem 900er Sieb nur unwesentliche Rückstände haben und muß ferner eine gewisse Menge an feinstem Korn enthalten, die von dem Gasgehalt des Brennstoffes und der Ausbildung des Feuerraumes abhängt. Aus wirtschaftlichen Gründen empfiehlt es sich, die Feinheit nicht über das erforderliche Maß hinaus zu treiben, da mit steigender Feinheit der Arbeitsbedarf der Mühlen sehr stark zunimmt und ihre Leistung in gleichem Maße sinkt. Übertriebene Feinmahlung kann auch im Feuerungsbetrieb zu Schwierigkeiten führen.

Über die Zusammensetzung von Staub aus verschiedenen Mühlen und seine Kornform herrschen schon vorgefaßte, auch im Schrifttum schon mehrfach vertretene Meinungen. Es wird oft behauptet, daß die eine Mühlenbauart besseren Kohlenstaub liefere als andere Mühlen, und daß selbst bei gleichem Rückstand auf dem Sieb 4900 der Kohlenstaub der einen Mühle besser zum Brennen geeignet sei als der in anderen Mühlen erzeugte Staub, und zwar deshalb, weil die Staubform oder die Kornverteilung im Bereich der feineren Größen verschieden sei; insbesondere sollen die langsam laufenden Schwerkraftmühlen (Rohrmühlen) Staub mit größerem Anteil an feinem Korn erzeugen als die anderen Mühlenarten, die man meist in Bausch und Bogen als Schnelläufer bezeichnet. Auch die bevorzugte Form der Staubkörner soll von der Mahlweise abhängig sein. Schnelläufer z. B. neigen angeblich dazu, blättchenförmige Teile zu liefern. Endlich wird behauptet, daß die Mühlen mit Windsichtung im allgemeinen schlechteren und ungleichmäßigeren Staub lieferten als die Schwerkraftmühlen ohne Windsichtung.

Ganz ungelöst war bisher die Frage, in welcher Weise Mahlfeinheit und Form des Staubes durch die natürliche Verschiedenheit der zur Vermahlung kommenden Brennstoffe beeinflußt werden. Es ist an sich wohl denkbar, daß sprödere und leichter mahlbare Kohlen einen größeren Gehalt an feinstem Korn liefern, und daß auch ein Unterschied in der Korngestalt, herrührend von der ursprünglichen Struktur der Kohle, besteht. Da die Brennzeit eines Staubes von dem Verhältnis der Oberfläche zum Gewicht des Kornes abhängt, so muß ein Korn verbrennungstechnisch um so geeigneter sein, je stärker es von den regelmäßigen Formen der Kugel oder des Würfels abweicht, je unregelmäßiger es also ist.

Die Frage nach der Zusammensetzung eines Staubes hinsichtlich Korngrößen und Form der Teilchen hat daher grundlegende technische und wirtschaftliche Bedeutung für die Staubfeuerung. Die Erkenntnis, daß eine erfolgreiche Entwicklung der Staubfeuerung nur auf der Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen möglich sei, veranlaßte den Kohlenstaubausschuß des Reichskohlenrates, in ausgedehnten Versuchen festzustellen, ob Feinheit und Gestalt von Kohlenstaub durch die Beschaffenheit der vermahlenen Kohle und die abweichende Arbeitsweise der verschiedenen Mühlenbauarten beeinflußt werden oder nicht[3]).

[1]) 5. Berichtsfolge, erhältlich bei der Geschäftstelle des Reichskohlenrates, Berlin W 15, Ludwigkirchplatz 3-4.

[2]) d. h. 900 Maschen auf 1 cm².

[3]) Wertvolle Unterstützung bei den Untersuchungen leisteten Dipl.-Ing. Krüger vom Staatl. Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem und Dipl.-Ing. Förderreuther vom Kohlenstaubausschuß des Reichskohlenrates. Die Siebanalysen der gesamten Proben wurden im Materialprüfungsamt nach dem von Prof. Burchartz angegebenen Verfahren ausgeführt.

Zahlentafel 1. Versuchsmühlen

Nr.	Mühlengruppe[1])	Mühlenart	Hersteller	Sichtung	Versuchsort[2])
1	Schwerkraftmühle	Rohrmühle	G. Polysius	—	Zementfabrik Guthmann & Jeserich, Rüdersdorf/Berlin
2	Federmühle	Dreiwalzen-Ringmühle, Bauart Maxecon	C. v. Grueber	Windsichtung	Maschinenfabrik C. v. Grueber, Teltow
3	Federmühle	Dreiwalzen-Ringmühle, Bauart Rema	Rheinische Maschinenfabrik	Windsichtung	Staatl. Halsbrückner Hüttenwerke bei Freiberg i. Sa.
4	Fliehkraftmühle	Wagerecht-Kugelmühle	Fuller Co.[3])	Vereinigte Sieb- u. Windsichtung	Staatl. Halsbrückner Hüttenwerke bei Freiberg i. Sa.

[1]) Nach Einteilung von Barthelmess, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 6 (1925) S. 213.
[2]) Die Werke zeigten bei der Durchführung der Versuche jedes erdenkliche Entgegenkommen; ihnen sei auch hier gedankt.
[3]) Die Mühle wurde von dem Generalvertreter der Fuller Co., Cl. Peters, Hamburg, für die Versuche den Staatl. Halsbrückner Hüttenwerken unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Für sein Entgegenkommen sei ihm auch an dieser Stelle gedankt.

Die Versuche erstreckten sich auf die vier in Zahlentafel 1 zusammengestellten Mühlen.

Abgesehen von den Schlägermühlen wurden also bei den Versuchen alle wichtigen Mühlengruppen berücksichtigt. Leider konnte auch die zu den Fliehkraftmühlen gehörige Pendelmühle, die in Gestalt der Raymond-Mühle neuerdings auch in Deutschland vielfach zur Anwendung kommt, trotz mehrfacher Bemühungen des Staubausschusses nicht untersucht werden, weil eine geeignete Anlage nicht vorhanden war.

Auf jeder der genannten Mühlen wurden fünf verschiedene Kohlensorten vermahlen, und zwar westfälische Fettkohle, westfälische Magerkohle, sächsische Steinkohle, mitteldeutsche Brikettspäne und rheinische Braunkohle.

Feinheit

Zahlentafel 2 enthält die Ergebnisse der Feinheitsmessungen, die vom Staatl. Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem durchgeführt wurden.

Die aus den Siebanalysen sich ergebenden Feinheitskennlinien sind in Abb. 1 bis 4 wiedergegeben[1]). Es sei hier nachdrücklichst darauf hingewiesen, daß man die Unterschiede in der absoluten Feinheit, wie sie sich z. B. aus dem Rückstand auf 4900er Sieb ergeben, nicht als Kenn-

[1]) Vergl. Rosin-Rammler, Auswertung von Siebanalysen und Kennlinien für Kohlenstaub, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 7 (1926) S. 54.

Abb. 1. Rohrmühle

Abb. 2. Maxecon-Mühle

Abb. 3. Rema-Mühle

Abb. 4. Fuller-Mühle

Abb. 1 bis 4. Feinheitskennlinien verschiedener Mühlen (vergl. Zahlentafel 1; man beachte, daß der Maßstab für den Rückstand verschieden ist).

a Westfälische Fettkohle *b* desgl. Magerkohle *c* sächs. Steinkohle *d* mitteldeutsche Brikettspäne *e* rheinische Braunkohle
I Sieb 900 *II* Sieb 2500 *III* Sieb 4900 *IV* Sieb 6400.

Zahlentafel 2. Ergebnisse der Feinheitsmessungen

Nr.	Kohlensorte	Mühle	Rückstand auf Sieb 6400 vH	4900 vH	2500 vH	900 vH
a 1	Westfälische Fettkohle	Rohrmühle	19,1	14,8	7,2	1,6
2[1]		Maxecon-M.	12,4	9,1	4,0	0,4
3[2]		„ „	19,4	15,9	6,1	0,4
4		Rema-Mühle	7,9	5,6	1,2	0,4
5		Fuller- „	6,3	5,2	1,2	0,4
b 1	Westfälische Magerkohle	Rohrmühle	19,6	15,6	7,2	0,8
2		Maxecon-M.	20,4	17,8	7,2	0,8
3		Rema-Mühle	6,0	3,8	0,4	0,0
4		Fuller- „	5,6	4,0	0,8	0,0
c 1	Sächsische Steinkohle	Rohrmühle	27,2	23,4	11,2	1,6
2		Maxecon-M.	23,6	20,4	10,0	1,2
3		Rema-Mühle	6,1	4,5	0,8	0,4
4		Fuller- „	5,0	4,0	1,2	0,0
d 1	Mitteldeutsche Brikettspäne	Rohrmühle	30,2	26,6	15,2	3,2
2		Maxecon-M.	18,3	15,5	6,0	0,4
3		Rema-Mühle	10,3	7,8	2,0	0,4
4		Fuller- „	4,6	3,2	0,8	0,0
e 1	Rheinische Braunkohle	Rohrmühle	19,6	16,7	9,3	3,2
2		Maxecon-M.	16,8	14,0	6,0	0,8
3		Rema-Mühle	10,3	7,9	2,4	0,8
4		Fuller- „	9,7	8,0	2,8	0,8

[1]) Linie a_1, Abb. 2 [2]) Linie a_2, Abb. 2

zeichen der betreffenden Mühle und der besseren oder schlechteren Mahlweise ansehen darf; sie sind vielmehr nur durch die willkürliche Anordnung der Versuche bedingt. Maßgebend für die Beurteilung ist also nicht die höhere oder tiefere Lage der Kennlinien zur Ordinatenachse, sondern ihre Neigung. Rema- und Fuller-Mühle wurden auf hohe Feinheit eingestellt, während Maxecon- und Rohrmühle geringere Feinheiten liefern sollten; ebenso hätte man auch umgekehrt verfahren können. Grundsätzlich kann man auf jeder der untersuchten Mühlen jede Mahlfeinheit innerhalb des für Kohlenstaub in Frage kommenden Bereichs erhalten, wenn die zur Feinheitsregelung dienenden Vorrichtungen hinreichend veränderlich sind. Die Grenzen des Feinheitsbereichs hängen also nicht von der Eigenart der Mahlweise, sondern allein von den Veränderungsmöglichkeiten der Feinheitsregler ab. Wenn man eine gewünschte Feinheit nicht erreicht, so liegt das nur an der Unempfindlichkeit oder Begrenztheit der Feinheitsregler.

Die Behauptung, daß Mühlen mit Windsichtung ein durchschnittlich gröberes Erzeugnis liefern als Mühlen mit Siebsichtung oder sichterlose Mühlen, ist auf keinen Fall richtig, wie aus Zahlentafel 2 hervorgeht.

Der bildliche Ausdruck der Mahlfeinheit ist die Kennlinie. Leider läßt sie sich nur in dem Bereich aufzeichnen, der durch die Maschenweiten der vorhandenen Normensiebe und die Siebmöglichkeit überhaupt gegeben ist. Hierdurch bleibt der größte Teil des Kohlenstaubes unbestimmt.

Die Kennlinien sind monoton-stetige Funktionen. Daher ist auch die häufig vertretene Ansicht, daß die eine Mühle gleichmäßigeren Staub liefere als andere, nicht richtig. Jeder Staub ist seiner Zusammensetzung nach gleichmäßig, d. h. er weist einen stetigen Zusammenhang seiner Korngrößen auf, einen Gradunterschied gibt es nicht. Ebensowenig kann man durch Vermahlen und die üblichen Sichtungsverfahren einen Staub erhalten, dessen Teile nur einer eng begrenzten Kornklasse, z. B. 75 bis 100 μ angehören. Jeder Staub enthält alle Korngrößen von 0 μ bis zu einem Grenzwert, der für die Verwendung in der Staubfeuerung durch die Maschenweite des 900er Siebes gezogen ist. Der Unterschied liegt nur in der Steigung der Kennlinien, d. h. in der Häufigkeitsverteilung der Korngrößen. Wenn Kohlensorte, Mahlweise und Sichtungsart auf die Zusammensetzung des Kohlenstaubes Einfluß ausüben, so kann sich dieser nur dadurch ausdrücken, daß, bei gleichem Rückstand auf irgendeinem Bezugsieb, z. B. dem 4900er Sieb, die Kennlinien verschiedene Steigung haben, sich also überschneiden.

Bei Mahlversuchen an einer Maxecon-Mühle[1]) wurde festgestellt, daß die Steigung der Kennlinien mit zunehmender Feinheit, d. h. kleiner werdendem Rückstand, in dem durch Siebanalyse erfaßbaren Kornklassenbereich von 75 bis 225 μ abnimmt. Diese auch bei anderen Mühlenversuchen festgestellte Tatsache ist bei Auswertung von Zahlentafel 2 und Abb. 1 bis 4 zu berücksichtigen. Vergleicht man die Kennlinien verschiedener Kohlensorten, die auf derselben Mühle gemahlen wurden, so findet man, daß die Kennlinien der rheinischen Braunkohle, im Verhältnis zu denen der übrigen Kohlen, auffallend flach auslaufen. Das erklärt sich zwanglos aus dem starken Lignitgehalt der rheinischen Braunkohle, der schwer mahlbar ist und dessen längliche Stäbchen und Splitter daher, bei gleichem Rückstand auf 4900er Sieb, einen höheren Rückstand auf 900er Sieb bedingen, als bei den anderen Kohlensorten. Diese Erscheinung ist besonders auffällig bei der Rohrmühle, Abb. 1, wenn sie auch bei den anderen Mühlen ebenfalls festzustellen ist. Auf den mit Sichtung ausgerüsteten Mühlen läßt sich der Lignitgehalt besser vermahlen als auf der sichterlosen Rohrmühle, wo er in einem Staubpolster eingepackt liegt und sich dem Angriff der Mahlteile besser entziehen kann. *Im übrigen ist ein deutlicher Einfluß der Kohlensorte auf den Kennlinienverlauf nicht zu erkennen.*

Die Kennlinien gleicher Kohlensorten verlaufen bei der Fuller-Mühle durchweg ein wenig flacher als bei der Rema-Mühle, doch ist der Unterschied gering. Obwohl die beiden Mühlen ganz verschiedenen Gruppen angehören, haben doch die in ihnen erzeugten Kohlenstaube, bei gleichem Rückstand auf 4900er Sieb, wenigstens innerhalb des durch Siebanalyse erfaßbaren Kornklassenbereichs praktisch gleiche Zusammensetzung (vergl. Zahlentafel 2).

Auch bei der Rohr- und Maxecon-Mühle sind wesentliche Unterschiede im Kennlinienverlauf nicht vorhanden, obwohl die beiden Mühlen auf ganz verschiedenen Mahlgrundsätzen aufgebaut sind und die eine mit, die andere ohne Windsichtung arbeitet. Allerdings laufen die Kennlinien der Rohrmühle meist etwas flacher aus als die der Maxecon-Mühle, so daß die Rückstände auf 900er Sieb, die feuerungstechnisch zum größten Teil als Verlust gelten müssen, bei der Rohrmühle etwas größer sind als bei den anderen Mühlen. Dies erklärt sich daraus, daß der nicht im Entstehen abgeschiedene feine Staub die letzten größeren Teilchen vor weiterer Zerkleinerung schützt.

Rema- und Fuller-Mühle einerseits, Maxecon- und Rohrmühle anderseits haben also nahezu gleiche Kennlinien. Da nun Rema- und Maxecon-Mühle nur Sonderausführungen der gleichen Mühlengruppen sind und daher, wie auch durch andere Versuche nachgewiesen wurde, ihre Kennlinien übereinstimmen, so ist die Schlußfolgerung berechtigt, daß auch Fuller- und Rohrmühle sich im Einklang befinden. Alle untersuchten Mühlengruppen erzeugen also Staub, dessen Kennlinien in dem durch die Siebanalyse erfaßbaren Kornklassenbereich übereinstimmen. Bei den großen Unterschieden der Mahlweise und der Sichtung ist dieses Ergebnis überraschend. *Es deutet auf ein allgemeines Zerkleinerungsgesetz hin, wonach der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Korngrößen eines Staubes in weiten Grenzen von der Mahlweise und auch der vermahlenen Kohlenart unabhängig ist.* Um aber für dieses Gesetz eine allgemein gültige Form zu finden, müssen noch weitere Versuchsergebnisse, vor allem im Bereiche des feinsten Staubes von 0 bis 75 μ, gewonnen werden.

Gehalt an feinstem Staub

Die genauere Zusammensetzung des sogenannten Puderstaubes, der durch das 6400er-Sieb hindurchgeht, und dessen Feinheit 0 bis 75 μ beträgt, läßt sich durch Sieben nicht mehr feststellen. Man kann allenfalls durch das 10 000er Sieb noch die Kornklasse 60 bis 75 μ abscheiden. Zahlentafel 2 zeigt, daß der durch Siebanalyse erfaßte Korngrößenanteil nur 5 bis 30 vH des Gesamtstaubgewichtes ausmacht.

[1]) Vergl. Rosin-Rammler, Kraftbedarf von Kohlenstaubmühlen, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 7 (1926) S. 54 und 81.

Um einige Anhaltspunkte zu bekommen, ob die Feinheitsverteilung unter 75 μ von Kohlensorte und Mühlenart maßgebend beeinflußt wird, wurden vom Durchgang aller untersuchten Kohlenstaubsorten Mikrophotographien im durchfallenden Licht bei hundertfacher Vergrößerung angefertigt. Eine beschränkte Auswahl hiervon ist in Abb. 5 bis 12 wiedergegeben. Diese sind allerdings wieder auf ½ verkleinert, zeigen also nur fünfzigfache Vergrößerung.

Die Mikrophotographien geben keine deutlichen Anhaltspunkte dafür, daß die Feinheitsverteilung unter 75 μ von der Kohlensorte wesentlich beeinflußt wird; dagegen ist ein Einfluß der Kohlensorte auf die Korngestalt wohl festzustellen. Der Rohrmühlenstaub scheint zum Teil verhältnismäßig mehr feinsten Staub unter 75 μ zu enthalten als die Staube der anderen Mühlen, die im Bereich 75 bis 225 μ annähernd den gleichen Kennlinienverlauf haben. Erklärlich ist dies daraus, daß bei der Rohrmühle das Feine nicht in statu nascendi aus der Mühle entfernt wird wie bei Windsichtung, sondern weiter dem Einfluß der Mahlteile ausgesetzt bleibt, also weiter gefeint wird.

Übrigens muß man bei der Beurteilung der Mikrophotographien vorsichtig sein, da es in Anbetracht der winzigen Menge, die untersucht und festgehalten werden kann, ziemlich ungewiß ist, ob man ein richtiges Durchschnittsbild erhält. Ein genaues Bild über die Feinheitsverteilung im Bereich 0 bis 75 μ und ihre Abhängigkeit von Kohlen- und Mühlenart wird man nur erhalten, wenn man den Siebdurchgang durch ein Windsichtungs- oder Sedimentationsverfahren weiter in Fraktionen zerlegt.

Man kann sich aber bereits durch theoretische Erwägungen ein Bild über die Feinheitsverteilung im Durchgang durch das feinste Sieb machen. Man betrachte eine beliebige Staubmenge, sie setzt sich aus einer großen Zahl von Einzelkörnern zusammen, deren Größe zwischen 0 μ und einem oberen Grenzwert s μ schwankt. Die Zusammensetzung des Staubes ist also:

Abb. 5
Fuller-Mühle, westfälische Fettkohle

Abb. 6
Fuller-Mühle, westfälische Magerkohle

Abb. 7
Fuller-Mühle, sächsische Steinkohle

Abb. 8
Fuller-Mühle, mitteldeutsche Brikettspäne

Abb. 9
Fuller-Mühle, rheinische Braunkohle

Abb. 10
Rohrmühle, rheinische Braunkohle

Abb. 11
Maxecon-Mühle, rheinische Braunkohle

Abb. 12
Rema-Mühle, rheinische Braunkohle

Abb. 5 bis 12. Mikrophotographien (50fache Vergrößerung) von Puderstaub (0 bis 75 μ)

0 Gewichtsteile von der Kantenlänge 0 μ
y_1 " " " " x_1 μ
y_2 " " " " x_2 μ
y_n " " " " x_n μ
0 " " " " $s + \mathrm{d}x$ μ

Denkt man sich die Mengenzusammensetzung nach Korngrößen in das y-x-Koordinatensystem eingetragen, so muß die entstehende Linie die Abszisse im Koordinatennullpunkt und im Punkte $x = s$ berühren. Nach einem bekannten Satz der Analytik muß sie also mindestens e i n e n Höchstbetrag zwischen diesen beiden Punkten haben, d. h.

n jedem Staub muß ein Höchstbetrag an einer bestimmten Kornklasse enthalten sein. Die Summe aller Mengenanteile muß stets 100 vH sein, unabhängig davon, welches die größte Kantenlänge ist, wo also Punkt $x = s$, $y = 0$ liegt. Also:

$$\int_{x=0}^{x=s} y \, \mathrm{d}\, x = 1; \quad f(0) = 0; \quad f(s) = 0.$$

Nach diesen Bedingungen hat die Linie die Eigenschaften einer Wahrscheinlichkeitslinie, etwa von der in Abb. 13 dargestellten Form. Die Ordinate irgendeines Punktes gibt die Änderung in vH der Gesamtmenge an, die bei Änderung der Feinheit um 1 μ eintritt. Es haben also beispielsweise y Gewichtsteile eine Kantenlänge von $x\,\mu$. Alle Staubteile mit einer Kantenlänge von $x\,\mu$ und darüber müssen dann auf einem Sieb von der Maschenweite $(x—\mathrm{d}x)\,\mu$ als Rückstand bleiben. In Abb. 13 ist also die schraffierte Fläche der Gewichtsteil dieses Rückstandes, der für jede Maschenweite dargestellt wird durch

$$r_y = f(x) = \int_{x=x}^{x=s} y \, \mathrm{d}\, x\,.$$

Nun gibt die aus der Siebanalyse erhaltene Kennlinie den Verlauf von $r = f(x)$ an. Die Kennlinie ist also die Integrallinie der Mengenverteilungslinie und umgekehrt diese die Differentiallinie der Kennlinie. Ist der Verlauf der Kennlinie bekannt, so kann man also durch graphische Differentiation die Kornverteilungslinie und damit deren Höchstwert, also die bevorzugte Korngröße des betreffenden Staubes, ermitteln.

Wo die Verteilungslinie ihren Höchstwert hat, muß die Ursprungslinie, also die Kennlinie, einen Wendepunkt haben. Bei allen Kennlinien in Abb. 1 bis 4 liegt der Wendepunkt und damit die bevorzugte Kantenlänge nicht im Gebiet der Siebanalyse.

Da die zwischen der Verteilungslinie und der Abszisse liegende Fläche stets 100 vH ist, so muß sie um so flacher sein, je weiter s nach rechts liegt, je größer also das gröbste Korn ist, und um so steiler, je weiter s nach links liegt, je kleiner also der gesamte Kantenlängenspielraum ist. Also muß der Höchstwert um so weiter nach links verschoben sein und um so höher werden, je geringer der gesamte Kantenlängenbereich, je feiner also der Staub ist. Bei feinerem Staub ist also nicht nur die bevorzugte Kornklasse feiner, sondern auch ihr Anteil an der Gesamtmenge größer als bei grobem Staub. Da aber das Vermahlen einer Kohle um so mehr Kraft und Zeit erfordert, je größer der Anteil an einer bestimmten Feinheitsklasse werden soll und je feiner diese an sich ist, so ist hiermit die Erklärung für die bereits früher bekannte und durch Mahlversuche des Kohlenstaubausschusses bestätigte Tatsache gegeben, daß mit zunehmender Feinheit der Arbeitsbedarf einer Mühle viel stärker als einfach proportional zum Rückstand auf dem üblichen Bezugssieb der deutschen Praxis, dem Sieb 4900, ansteigt, und daß sehr bald die Wirtschaftlichkeit der Feinmahlung durch den stark steigenden Arbeitsbedarf und die sinkende Leistung ihre Grenze findet[1]).

Abb. 13. Kornverteilungslinie

Eine gewisse Bestätigung für die eben abgeleiteten Zusammenhänge ergaben bereits einige Untersuchungen des Durchgangs durch das 10 000er-Sieb, die das Staatliche Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem auf Anregung des Kohlenstaubausschusses durchgeführt hat. Als Beispiel mögen die Kohlenstaube a 1 und e 1, Zahlentafel 2, dienen. Der Durchgang durch das 10 000er-Sieb wurde weiterhin durch ein Windsichtungsverfahren[2]) in drei Fraktionen zerlegt (40 bis 60, 20 bis 40, 0 bis 20 μ). Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt.

Zahlentafel 3
Feinheitsverteilung bis auf 0 bis 20 μ

Nr. Zahlentaf. 2	Kohlensorte	Rückstand bei Kantenlänge						
		20 μ vH	40 μ vH	60 μ (10 000) vH	75 μ (6400) vH	88 μ (4900) vH	120 μ (2500) vH	225 μ (900) vH
a 1	Westfälische Fettkohle . .	63,0	35,9	22,8	19,1	14,8	7,2	1,6
e 1	Rheinische Braunkohle	74,8	45,5	24,8	19,6	16,7	9,3	3,2

In Abb. 14 sind die Kennlinien, in Abb. 15 die Kornverteilungslinien für die beiden Kohlensorten, die durch graphische Differentiation aus Abb. 14 abgeleitet wurden, wiedergegeben. Wendepunkt und Verteilungshöchstwert liegen für die westfälischen Fettkohlen bei rd. 15 μ, für die rheinische Braunkohle zwischen 20 und 25 μ. Auch ein Zementstaub ergab Rückstands- und Verteilungslinien, die mit denen des Kohlenstaubes durchaus übereinstimmen. Ebenso verlaufen die Kornverteilungslinien feiner Sande.

Zusammenfassend lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die Zusammensetzung von Kohlenstaub ist in dem durch Siebanalyse erfaßbaren Kornbereich praktisch unabhängig von Mahlweise, Sichtungsart und Kohlensorte.
2. Für den Bereich 0 bis 75 μ ist dasselbe Verhalten zwar noch nicht umfassend bewiesen, aber auf Grund der theoretischen Erwägungen und der schon vorliegenden Versuchsergebnisse wahrscheinlich.

Es besteht auch heute schon kaum ein Zweifel, daß der für einen einwandfreien Feuerungsbetrieb im Mahlgut

[1]) Analogien der abgeleiteten Kornverteilungsgesetze finden sich zahlreich in der Physik. Es sei hier nur an das Wiensche Verschiebungsgesetz und an das Maxwellsche Verteilungsgesetz erinnert.
[2]) Das angewandte Verfahren soll vom Materialprüfungsamt in einem eigenen Bericht beschrieben werden.

Abb. 14. Feinheitskennlinien der Rohrmühle

a westfälische Fettkohle e rheinische Braunkohle
I Sieb 900 II 2500 III 4900 IV 6400 V 10 000 (μ = 60)
Windsichtung Feinheit VI μ = 40 VII μ = 20

Abb. 15. Kornverteilungslinien für a westfälische Fettkohle, e rheinische Braunkohle

erforderliche Anteil feinsten Staubes stets vorhanden ist, wenn der Rückstand auf dem 4900er-Sieb die übliche Höchstgrenze von 20 bis 25 vH nicht überschreitet. Denn nach den bisherigen Ergebnissen muß auch im Bereich 0 bis 75 μ ein stetiger Zusammenhang der Korngrößen bis zum unendlich kleinen Korn bestehen, so daß ein gewisser Anteil an feinstem Korn stets vorhanden ist. Da man einem gegebenen Rückstand auf dem 4900er-Sieb eine beliebige Lage und Größe des Mengenhöchstwertes nicht zuordnen kann, so werden die möglichen Unterschiede in der Kornverteilung unter 75 μ, die sich aus verschiedener Kohlen- und Mühlenart ergeben könnten, auf einen engen Spielraum eingeschränkt. Die Feststellung, daß ein Kohlenstaub die üblichen Rückstandsgrenzen von 20 bis 25 vH auf Sieb 4900 nicht überschreitet, bedeutet also, daß der Kohlenstaub in jedem Fall den feuerungstechnisch erforderlichen Anteil an feinstem Korn enthält, und es ist wahrscheinlich, daß auch bei weit höheren Rückständen auf dem 4900er-Sieb dieser notwendige Anteil an feinstem Staub noch vorhanden ist. Solche höheren Rückstände sind nur deshalb bei Mühlenstaub unzulässig, weil sonst die Rückstände auf Sieb 900 zu hoch sein würden; bei natürlichem Staub dagegen darf der Rückstand auf dem 4900er-Sieb unter Umständen recht wohl weit höhere Werte annehmen, daher ist das 900er-Sieb tatsächlich das wichtigste Sieb für Kohlenstaub, obwohl es nur den negativen Anhalt gibt, daß der Staub keinen oder nur einen unwesentlichen Betrag von Kornteilen über 200 μ enthält. Demgemäß ist auch der in den Schwerkraftmühlen erzeugte Kohlenstaub nicht höherwertig als der Staub andrer Mühlen, auch wenn jener im Gebiet 0 bis 75 μ eine bessere Kornverteilung aufweisen sollte, wofür Anhaltspunkte vorhanden sind. Die Arbeit, die man aufwendet, um eine höhere Feinheit im Gebiet des Puderstaubes zu erhalten, d. h. den Mengenhöchstwert nach den kleineren Korngrößen zu verschieben, bringt für die Kohlenstaubherstellung keinen Nutzen.

Abb. 16
Maxecon-Mühle, mitteld. Brikettspäne

Abb. 17
Maxecon-Mühle, rheinische Braunkohle

Abb. 18
Maxecon-Mühle, sächsische Steinkohle

Abb. 19
Maxecon-Mühle, westfälische Fettkohle

Abb. 20
Maxecon-Mühle, westfälische Magerkohle

Abb. 21
Rohrmühle, westfälische Magerkohle

Abb. 22
Rema-Mühle, westfälische Magerkohle

Abb. 23
Fuller-Mühle, westfälische Magerkohle

Abb. 16 bis 23. Mikrophotographien (50fache Vergrößerung) der Fraktion 2500/4900 (88 bis 125 μ)

Struktur

Um den Einfluß der Kohlensorte und der Mahlweise auf die Struktur des Staubes festzustellen, wurden von den Kohlenstaubsorten der Zahlentafel 2 Mikrophotographien bei hundertfacher Vergrößerung angefertigt, und zwar durchweg von der Fraktion 2500/4900. Eine beschränkte Auswahl zeigen Abb. 16 bis 23 in fünfzigfacher Vergrößerung.

Man erkennt zunächst, daß die Gestalt der Kohlenstaubteilchen äußerst veränderlich ist: rechteckig, an-

nähernd quadratisch und trapezförmig, unregelmäßig viereckig, seltener auch dreieckförmig und oval. Alle diese Formen wechseln regellos ab, ohne daß die eine oder andere bei einer bestimmten Mahlweise besonders häufig auftritt.

Für die oft vertretene Ansicht, daß die Schnelläufer zur Blättchenbildung neigen, ließ sich bei diesen und anderen Untersuchungen kein Beweis erbringen, obwohl auch ein ausgesprochener Schnelläufer, die Fuller-Mühle, untersucht wurde[1]). Ebensowenig bestätigten die Versuche die gelegentlich ausgesprochene Ansicht, daß die mit Windsichtung arbeitenden Mühlen, z. B. die Maxecon- und Rema-Mühle, Kohlenstaub anderer Form und vor allem anderer Oberflächenbeschaffenheit lieferten als die sichterlosen Schwerkraftmühlen. Wenn auch die Rohrmühle bisweilen zackigere und ausgefranstere Staubteile zu liefern scheint als die anderen Mühlen, so ist doch ein solcher Unterschied nicht immer vorhanden. Ein lückenloser Zusammenhang zwischen Mahlweise einerseits, Gestalt und Oberflächenbeschaffenheit der Teilchen anderseits ist also nicht festzustellen.

Dagegen beeinflußt die Struktur der vermahlenen Kohle Kornform und Oberflächenbeschaffenheit der Kohlenstaubteilchen deutlich. Besonders die rheinische Braunkohle ist bei allen Mühlen auf den ersten Blick zu erkennen. Sie zeichnet sich durch langgestreckte, stäbchenförmige, ausgefranste Gebilde aus, die wohl durchweg Lignitfasern sind.

Überhaupt unterscheidet sich Braunkohlenstaub von Steinkohlenstaub allgemein dadurch, daß seine Teilchen meist zackige und ausgefranste Bruchränder mit zahlreichen Vorsprüngen haben, während bei den Steinkohlenstaubteilchen glatte, ja selbst messerscharfe Bruchränder häufiger sind. Es handelt sich hier offensichtlich um Aufspaltung nach bevorzugten Spaltrichtungen, ähnlich wie bei den Kristallen.

Die makroskopischen Gefügeunterschiede der Kohle gleichen sich also bei der Vermahlung nicht aus, sondern prägen sich, wenn auch in veränderter Form, noch in den Kohlenstaubteilchen aus. Die Kohlen spalten sich beim Vermahlen nach Richtungen, die bereits in makroskopischen Gefüge- und Festigkeitsunterschieden vorgezeichnet sind. Dagegen ist ein Einfluß der Mahlweise auf die Korngestalt im allgemeinen nicht festzustellen.

[1]) Die Schnelläufer mit höchster Drehzahl, nämlich die Schleudermühlen, konnten allerdings noch nicht untersucht werden.

Zusammenfassung.

Die Feinheitsverteilung und Korngestalt von Kohlenstaub, der in Mühlen erzeugt wird, ist unabhängig von Mühlenbauart und Mahlweise. Ausschlaggebend für die Wahl von Kohlenstaubmühlen sind somit nur die Anschaffungs- und Betriebskosten für 1 t stündlichen Durchsatzes. [B 2444]

Reibungsverhältnisse trockener Automobilkupplungen

Dr.-Ing. Florig, Dresden, hat 1924/25 im Institut für Kraftfahrwesen der Technischen Hochschule zu Dresden Versuche an üblichen Einscheiben- und Kegelkupplungen durchgeführt[1]), die die Abhängigkeit der Reibungszahl von der Oberfläche des Kupplungsbelages, vom spezifischen Anpressungsdruck, vom Schlupf der Kupplung, von der Temperatur der Reibflächen, von der Art des Kupplungsbelages und vom Kegelwinkel aufklären sollten. Außerdem wurden die größten Drehmomente ermittelt, die die Kupplungen übertragen konnten.

Auf einem elektrischen Prüfstand des Instituts wurde die jeweilige Reibungskraft der Kupplung, deren beide Hälften umliefen, mittels Pendeldynamos gemessen. Die Anpressungsdrücke wurden außer bei der Messung der Höchstdrehmomente, wobei sie durch Federn erzeugt wurden, mittels eines Hebels erzeugt, woran Gewichte gehängt wurden. Der Schlupf wurde stroboskopisch auf zwei Arten für relative Drehzahlen bis zu rd. 150 und bis zu rd. 1500 Uml./min gemessen. Bei der ersten Art waren auf der treibenden und der getriebenen Welle Scheiben befestigt, wovon die eine eine Anzahl Marken, die andre ein Beobachtungsloch hatte. Durch Anvisieren der Marken konnte man feststellen, ob die Punkte stillstanden oder sich bewegten. Für höhere relative Drehzahlen wurden zwei weitere Scheiben benutzt, die durch Schneckenvorgelege langsamer angetrieben wurden. Diese beiden Scheiben liefen sehr dicht aneinander und hatten auf gleichem Durchmesser je ein kleines Loch. Hatte die Kupplung Schlupf, so konnte man in bestimmten Zeitabschnitten durch die Löcher hindurchsehen.

Die Temperatur der Reibflächen wurde mit Hilfe von Thermoelementen aus Kupfer-Konstantan in den Reibflächen bestimmt, die an Schleifringe angeschlossen waren.

Der Einfluß der Abhängigkeit der Reibungszahl von der Oberfläche des Belages wurde nach Möglichkeit ausgeschaltet. Vor dem Versuch mußte jede Kupplung bei 1 kg/cm² mittlerem Anpressungsdruck einlaufen, wobei die Temperatur der Oberfläche je nach der Art des Belages mehrmals auf 100° bis 200° gesteigert wurde.

Die Abhängigkeit der Reibungszahl von der Art des Belages, vom spezifischen Anpressungsdruck, vom Schlupf und von der Temperatur der Reibflächen wurde für einen Leder-, einen Baumwoll- und einen Asbestbelag bei Anpressungsdrücken bis zu rd. 2 kg/cm² und Temperaturen bis zu rd. 350 °C geprüft, s. Abb. 1 bis 3. Abb. 4 zeigt den Verlauf der Reibungszahlen bei den Höchstdreh-

[1]) Beiträge zur Kenntnis der Reibungsverhältnisse bei Konus- und Scheibenkupplungen im Automobilbau, Diss. Dresden 1925. Bericht über Versuche zur Ermittlung des Reibungskoeffizienten von Belagmaterial trockenlaufender Automobilmotorenkupplungen, Auto-Technik Bd. 15 (1926) Nr. 11 S. 21. Die Berechnung des axialen Anpressungsdruckes für Konuskupplungen, Auto-Technik Bd. 15 (1926) Nr. 16 S. 21.

Abb. 1. Reibungszahl der Kegelkupplung bei zunehmendem spezifischem Anpressungsdruck (Schlupf 140 mm/s Temperatur 23 °C)

Abb. 2. Reibungszahl der Kegelkupplung bei zunehmendem Schlupf (Anpressungsdruck 1 kg/cm² Temperatur 20 °C)

Abb. 3. Reibungszahl der Kegelkupplung bei zunehmender Temperatur der Reibfläche
(Schlupf 4 m/s Anpressungsdruck 1,3 kg/cm²)

Abb. 4. Reibungszahl bei den Höchstdrehmomenten und bei zunehmendem Schlupf
(Federdruck der Einscheibenkupplung 0,7 kg/cm²
Federdruck der Kegelkupplung 1,3 kg/cm²
Temperatur 20 °C)

momenten und bei Belastung der Kupplungen durch die zugehörigen Federn.

Die Linien beweisen, daß bei den geprüften Kupplungen bis zu sehr kleinen Drehmomenten ein gewisser, wenn auch sehr kleiner Schlupf auftritt. Der Zustand der vollständigen Ruhe tritt also unter Umständen erst bei sehr kleinen Drehmomenten ein.

Mit zunehmendem spezifischem Anpressungsdruck nimmt die Reibungszahl der Bewegung ein wenig ab, aber die Reibungszahl der Ruhe zu. Mit zunehmendem Schlupf nimmt die Reibungszahl erst stark, dann allmählich zu, solange die Temperatur der Reibfläche nicht steigt. Mit zunehmender Temperatur sinkt die Reibungszahl je nach dem Belag stetig oder nur zu Beginn der Erwärmung bis zu rd. 100 °; bei höheren Temperaturen wechseln Steigen und Fallen der Reibungszahl. Die Reibungszahl der Ruhe ist stets kleiner als die der Bewegung.

Asbestbelag, der nach dem Weben hart gepreßt und gleichmäßig abgeschliffen war, hat sich am besten bewährt. Er dürfte vorübergehend bis zu 350 ° bei Anpressungsdrücken bis zu 2 kg/cm² aushalten. Die Reibungszahl dürfte unter normalen Betriebsverhältnissen nicht weniger als 0,3 betragen, vorausgesetzt, daß Öl und Fett ferngehalten werden.

Lederbelag ist bei Temperaturen über rd. 80 ° nicht brauchbar, bei niedrigen Temperaturen nur dann, wenn er mit Tran oder Öl getränkt wird. Seine Reibungszahl ist bedeutend kleiner als die des Asbestbelages; sie soll nicht höher als 0,1 angenommen werden. Baumwollbelag eignet sich ebenfalls nicht für hohe Temperaturen und Anpressungsdrücke, selbst wenn er mit Fett und Graphit getränkt wird. Das Fett verdampft bei hohen Temperaturen, und der Belag wird sehr ungleichmäßig.

Für Asbestbelag, der mit Draht durchwebt war, haben die Versuche bei 350 ° Temperatur $p\,v \leq 6$ (v = Schlupf in m/s) ergeben. Bei Verwendung dieses Wertes muß man je nach der Beschaffenheit des Belagstoffes einen Reibungskoeffizienten von 0,2 bis 0,3 der Berechnung zugrundelegen.

Wie die Versuche ergeben haben, ist es beim Entwurf von Kupplungen ratsam, mit Anpressungsdrücken von rd. 1 kg/cm² zu rechnen. Geringere Drücke reichen nicht aus, weil sonst schon bei sehr kleinen Drehmomenten Schlupf auftritt, größere Drücke haben zur Folge, daß die Kupplung ruckartig wirkt.

Für die Berechnung der axialen Kraft Q einer Kegelkupplung vom Kegelwinkel α und vom Anpressungsdruck Q_n der Reibflächen benutzt man die Formeln

$$Q = Q_n \sin\alpha \quad \text{oder} \quad Q = Q_n (\sin\alpha + \mu \cos\alpha).$$

Weitere Versuche befaßten sich daher damit, welche Formel den wirklichen Verhältnissen am nächsten kommt, sowie welche Kräfte zum Ein- und Auskuppeln im Betrieb, zum Einkuppeln in Ruhe und Auskuppeln im Betrieb und schließlich zum Einkuppeln im Betrieb und Auskuppeln in Ruhe notwendig sind.

Die Versuche hatten das Ergebnis, daß zur Berechnung der axialen Anpressung die Formel $Q = Q_n \sin\alpha$ genügt und daß zwischen den zum Ein- und Ausrücken notwendigen Kräften keine wesentlichen Unterschiede bestehen. [B 2311]

Versuche mit Durchflußpyrometern

In der Wärmestelle der Gutehoffnungshütte haben M. Wenzl und E. Schulze gründliche Versuche mit Durchflußpyrometern angestellt, über die in der Mitteilung Nr. 92 der Wärmestelle Düsseldorf des Vereines deutscher Eisenhüttenleute (vom 10. September 1926) berichtet wird.

Zu den Versuchen diente ein mit Hochofengas geheizter Zweiflammrohrkessel, dessen Gastemperatur in weiten Grenzen bis zu etwa 1000 °C verändert wurde, während die Flammrohrwand unverändert auf 180 ° (entsprechend dem Dampfdruck von etwa 10 at) gehalten wurde. In eines der Flammrohre waren die Durchflußpyrometer eingebaut, die aus einem Rohrthermoelement und einem ihm gleichachsigen weiteren und am Ende offenen Rohr bestanden, durch das ein Teil der Rauchgase so abgesogen wurde, daß sie das Thermoelementenrohr von der Lötstelle an auf der ganzen Länge umspülten.

Die wirkliche Gastemperatur wurde mit einem Durchflußrohr festgestellt, das auf 300 mm Länge eine Heizwicklung aus Chromnickeldraht trug und damit so geheizt wurde, daß beim Durchsaugen von Gasmengen von etwa 10 m³/h aufwärts das Thermoelement immer dieselbe Temperatur anzeigte.

Bei einer auf diese Weise gemessenen Gastemperatur von 945 °C zeigte ein Rohrthermoelement ohne Gasdurchfluß eine um 245 ° zu geringe Temperatur an. Sog man dagegen mehr und mehr Gas (bis zu etwa 50 m³/h) hindurch, so stieg die Temperaturanzeige bei einem 2½ Zoll weiten Außenrohr um etwa 110 °, bei einem ¾-zölligen Rohr um 238 °. Den letzten Fehlerrest konnte man durch starkes Isolieren des Durchflußrohres beseitigen; aber dann dauerte es viel zu lang, bis das Thermoelement die richtige Temperatur annahm.

Da auch das elektrisch geheizte Durchflußpyrometer für die Praxis kaum in Frage kommt, haben Wenzl und Schulze schließlich ein Pyrometer gebaut, bei dem zwei konzentrische eiserne Durchflußrohre angeordnet sind, die beide innen Längsrippen haben. Damit wurde bei 950 °C der Meßfehler auf etwa 15 ° herabgedrückt. Für Temperaturen über 1000 ° werden einfache Durchflußrohre aus Eisen oder Schamotte empfohlen, bei denen der Ringraum zwischen Thermoelementen und Außenrohr großenteils mit dünnen Steatitrohren ausgefüllt ist. Die Anzeige solcher Pyrometer näherte sich der Gastemperatur 920 ° beim Durchfluß von 25 m³/h auf mindestens 10 °, bei 50 m³/h auf mindestens 5 °.

Schließlich wurden statt der Thermoelementenrohre vorn geschlossene Eisenrohre (Glührohre) eingeführt und ihre Böden mit Holborn-Kurlbaum-Pyrometern anvisiert. Auch hier ergab sich, solange man kein Gas durch das Außenrohr durchsog, bei 930 ° Gastemperatur ein Meßfehler von 240 °, beim Durchsaugen aber kein merklicher Fehler.

[N 2607] M. J.

Fünf Motorschlepper des Staatlichen Schleppmonopols

Von Regierungsbaurat Foß, Minden i. W.

Trotz der mit den Einheitsdampfschleppern gemachten günstigen Erfahrungen sind für das Staatliche Schleppmonopol fünf Motorschlepper beschafft worden, die noch wirtschaftlicher als jene arbeiten. — Beschreibung der Fahrzeuge und ihrer Einrichtungen, Modellversuche — Bau der Fahrzeuge — Abnahme — Betriebsergebnisse — Baukosten.

Nachdem in den letzten Jahren vor dem Krieg für die Durchführung des Staatlichen Schleppmonopols auf den westlichen Wasserstraßen eine größere Anzahl von Schleppdampfern der verschiedensten Bauart teils angekauft, teils neu gebaut worden war, wurden im Jahre 1923 weitere 15 Dampfer[1]) in Dienst gestellt, die auf Grund der bisher gemachten Erfahrungen entworfen waren und mit denen man glaubte, den Schleppdienst bewältigen zu können.

Aber bereits im Jahre 1923 hatte der Verkehr, besonders auf dem Rhein-Weser-Kanal, so zugenommen, daß die dem Staatlichen Schleppamt Hannover für seinen Bezirk zur Verfügung stehenden 34 Schleppdampfer nicht mehr ausreichten. Es mußten daher zeitweise Privatschlepper gemietet werden. Infolge der weiter fortschreitenden Entwicklung des Verkehrs wurde dann von dem Reichsverkehrsministerium die Beschaffung von fünf weiteren Schleppfahrzeugen im Rechnungsjahre 1924 genehmigt.

Während bisher fast ausschließlich Dampffahrzeuge im Betriebe des Schleppmonopols verwendet worden waren, schien es trotz der günstigen mit den Einheitsdampfschleppern erreichten Betriebsergebnisse geboten, die Frage zu prüfen, ob als Antriebmaschinen für die neuen Schlepper kompressorlose Dieselmotoren zu wählen wären.

Bestimmend hierfür war neben den in den letzten Jahren erreichten günstigen Ergebnissen mit derartigen Motoren im Schiffsbetriebe der Umstand, daß im Bereich des Schleppamts Hannover die Kohlen für den Dampferbetrieb infolge des weiten Überführungsweges und mehrmaligen Umschlagens wesentlich teurer sind als im Bezirk des Schleppamts Duisburg-Ruhrort, wo die Kohlen unmittelbar von den Gruben entnommen werden können. Infolgedessen können in jenem Bezirk mit Dampfern nicht die wirtschaftlich gleich günstigen Betriebsergebnisse wie in diesem erreicht werden.

Da auch eine weitere bedeutende Ersparnis im Betriebe von Motorschleppern dadurch möglich ist, daß der für die Bedienung der Kesselanlage erforderliche Heizer fortfällt, wurde das Staatliche Maschinenbauamt Minden beauftragt, für die für den Bezirk Hannover zu beschaffenden fünf Schleppfahrzeuge einen Entwurf für Motorschlepper auszuarbeiten.

Wegen der mit den Einheitsdampfschleppern erreichten günstigen Betriebsergebnisse sollten die neuen Schlepper jenen in Bauart und Leistung möglichst entsprechen.

Da die Schiffswerfte und Maschinenfabrik (vorm. Janßen & Schmilinsky) A.-G., Hamburg, einen mit einem kompressorlosen Dieselmotor der Deutzer Motorenfabrik von 160 PS_e Leistung ausgerüsteten Hafenschlepper im Jahre 1924 in Betrieb genommen hatte, der im allgemeinen den gestellten Anforderungen entsprach, wurde dieses Fahrzeug von der Bauverwaltung eingehend besichtigt und geprüft. Infolge der hierbei festgestellten, in jeder Beziehung befriedigenden Ergebnisse wurde die genannte Werft in Verbindung mit der Deutzer Motorenfabrik A.-G. zu Köln-Deutz mit dem Bau der fünf neuen Motorschlepper beauftragt.

[1]) Vergl. Ebelt, Die Einheitsschlepper des Staatlichen Schleppmonopols, Z. Bd. 69 (1925) S. 361.

Beschreibung der Fahrzeuge

Der Entwurf wurde unter Zugrundelegung des von dem Staatlichen Maschinenbauamt Minden zusammen mit dem Staatlichen Schleppamt Hannover aufgestellten Vorentwurfs von der Schiffswerft Janßen & Schmilinsky ausgearbeitet. Infolge des Fortfalls der Kesselanlage konnte das Fahrzeug etwas geringere Abmessungen als die Einheitsschlepper erhalten.

Als Hauptabmessungen wurden festgelegt: 20,55 m Länge über alles, 18,50 m Länge zwischen den Loten, 5,00 m Breite auf Spanten, 2,00 m Seitenhöhe und 1,75 m Tiefgang.

Durch die etwas gedrungene Bauart ist eine größere Beweglichkeit in dem engen Kanalprofil gewährleistet. Der geringere Tiefgang ermöglicht eine bessere Verwendung der Schlepper auch auf der Weser bei niedrigeren Wasserständen. Die Schlepper sind nicht für eine höchste Leerfahrtgeschwindigkeit, sondern für höchste Schleppleistung bei 5 km/h Geschwindigkeit gebaut worden.

Um zum Schutz der Kanalsohle und zur Erzielung der verlangten Schleppleistung das Schraubenwasser möglichst axial nach hinten abzuleiten, sind die Fahrzeuge mit einem Leitpropeller, Bauart Haß, ausgerüstet. Zum Schutze der Schraube gegen Aufschlagen auf die Kanalböschung ist das Heck als überragendes Kreuzerheck ausgebildet. Da die Motorschlepper auch zum Aufbrechen von Eis bis zu 15 cm Dicke verwendet werden müssen, haben sie ein zum Eisbrechen geeignetes hochgezogenes Vorderschiff mit starkem Kiel und Vorsteven mit Eiswulst erhalten.

Der Schiffskörper ist aus bestem deutschen Siemens-Martin-Stahl gebaut und hat Baustoffdicken der Klasse des Germanischen Lloyd 100 $\frac{A}{4}$ J (E) erhalten. Darüber hinaus sind die Verbände mit Rücksicht auf den Verwendungszweck der Fahrzeuge, besonders unter der Motorenanlage, bedeutend verstärkt worden, Abb. 1. Die Raumeinteilung zeigen Abb. 2 bis 8. Es ist überall auf einen genügend großen und gut gelüfteten Raum Wert gelegt worden.

Abb. 1 Hauptspant

Spantentfernungen:

Spant			
3	bis	0	430 mm
0	„	4	480 „
4	„	22	420 „
22	„	25	385 „
25	„	27	300 „
27	„	30	385 „
30	„	Vorsteven	200 „

Vernietung:

Außenhaut: Niet 16 mm. Nähte einfach, Stöße doppelt überlascht. Kielgang und Schergang doppelt gelascht. Schanzkleid einfach gelascht. Niet 13 mm Dmr.
Kiel und Steven: Niet 19 mm Dmr.
Deck: Nähte einfach, Stöße doppelt gelascht. Niet 13 mm Dmr.
Schotte: Niet 13 mm Dmr., einfach überlappt.
Aufbauten: Niet 10 mm Dmr.
Maschinenfundament: Niet 16 mm Dmr.

Abb. 2 bis 8
Übersichtsplan des Monopol-Motorschleppers H 120 bis 124

Länge über alles	20,55 m
Länge in der Wasserlinie	20,00 „
Breite über alles	5,43 „
Breite auf den Spanten	5,00 „
Seitenhöhe	2,00 „
Tiefgang bei voller Ausrüstung	1,75 „
Motorleistung (Deutz-Motor, Type S. V. M. V. 145)	160 bis 200 PS_e
Normale Umlaufzahl	250 bis 300 Uml./min
Name des Erbauers: Schiffswerfte und Maschinenfabrik (vorm. Janßen & Schmilinsky) A.-G.	
Jahr des Neubaues	1925
Neubaukosten	107 000 ℳ
Bauklasse	Germ. Lloyd 100 $\frac{A}{4}$ J (E)
Feste Höhe über dem Wasserspiegel	3,70 m

Zur Heizung der Wohnräume dient an Stelle der sonst auf Schiffen meist üblichen Mittel- oder Hochdruckdampfheizung eine als Niederdruck-Schwerkraftheizung ausgeführte Warmwasser-Heizanlage, Bauart Narag-Classic. Sie wurde nicht nur wegen des wesentlich geringeren Raumbedarfes gewählt, sondern vorwiegend deshalb, weil eine Warmwasserheizung von Sachverständigen als die gesundeste Heizung für Wohnräume bezeichnet wird. Da es unbedingt vermieden werden sollte, in dem mit Gasen geschwängerten Maschinenraum offenes Feuer zu unterhalten, ist der Warmwasserkessel in dem hinteren Mannschaftsraum aufgestellt worden.

Zur Wasserwärmung dient ein gußeiserner Kleinkessel der Nationalen Radiator-Gesellschaft m. b. H. in Berlin (Narag-Ofen) von 1 m² Heizfläche. Der Narag-Ofen entspricht in seinem Äußeren wie in seiner Bedienung den bekannten gußeisernen Dauerbrandöfen. Die Ofenwände sind mit zahlreichen fingerdünnen senkrechten Kanälen versehen, in denen das zum Betriebe der Heizung notwendige Wasser erwärmt wird. Oben und unten sind diese Kanäle durch je einen hohlen gußeisernen Sammelring miteinander verbunden. Der Füllraum des Ofens ist so groß, daß bei gewöhnlichem Betrieb eine einmalige Beschickung mit Brennstoff für 8 h ausreicht.

Die Räume (Aufenthalts- und Schlafräume, Motorenraum und Steuerhaus) werden durch gußeiserne glatte Radiatoren Modell „Classic" geheizt. Die Wohnräume können bei $-15\,°C$ Außentemperatur auf $+20\,°C$ und die übrigen Räume auf $+10\,°C$ erwärmt werden.

Zur Beleuchtung sämtlicher Räume und der Positionslaternen dient eine elektrische Anlage, die die Firma Bohn & Kähler A.-G., Kiel, geliefert hat. Sie besteht aus einer Motordynamo, einem Schaltkasten und einer Akkumulatorenbatterie. Die Motordynamo mit Schaltkasten und Verteilschalttafel ist in dem oberen Vorraum zum Niedergang zu den vorderen Wohnräumen aufgestellt worden, während die Batterie in einem auf dem Maschinenraumaufbau hinter dem Steuerhaus aufgestellten Kasten aus Teakholz untergebracht ist.

Der Motor ist ein Zweitakt-Benzinmotor mit Kurbelkastenspülung, der mit einem Gleichstrom-Nebenschluß-Stromerzeuger unmittelbar gekuppelt ist. Das Stromerzeugergehäuse, das den Schaltkasten trägt, ist an das Motorengehäuse angeflanscht.

Der Stromerzeuger leistet 1,5 kW und ist für eine veränderliche Spannung von 32 bis 45 V gebaut. Die Betriebspannung der Batterie beträgt 32 V. Diese Spannung ermöglicht einmal eine Ladung der Batterie ohne Aufsicht, ferner ergibt sie eine billige Akkumulatorenbatterie, da nur 16 Zellen erforderlich sind. Sie ist von der Hagener Akkumulatorenfabrik, Hagen i. W., geliefert und hat 109 Ah Kapazität bei zehnstündiger Entladung. Die höchstzulässige Entladestromstärke beträgt 27 A.

Beim Ingangsetzen der Motordynamo wird der Stromerzeuger so geschaltet, daß er von der Batterie Strom erhält und als Motor läuft und den Benzinmotor in Gang setzt, der nach Einsetzen der Zündungen auf seine Betriebsdrehzahl hinaufgeht. Dabei erhöht sich die Spannung des Stromerzeugers über die Batteriespannung, und der von ihr erzeugte Strom fließt nun in die Batterie. Sobald die Batteriespannung auf 45 V gestiegen ist, wird der Zündmagnet des Benzinmotors durch ein Relais kurzgeschlossen und somit außer Betrieb gesetzt. Der Motor bleibt infolgedessen stehen.

Die Beleuchtungsanlage, insgesamt 21 Brennstellen, ist in drei Stromkreise eingeteilt, und zwar für Wohnräume, Motorraum und Positionslaternen, die sämtlich von einer neben der Lichtmaschine aufgestellten Verteiltafel zu schalten sind. Es sind durchweg Metalldrahtlampen von 25 HK verwendet worden.

Die Motorenanlage

Hauptmotor mit Zubehör

Der zum Antrieb dienende von der Deutzer Motorenfabrik A.-G., Köln-Deutz, gelieferte kompressorlose Dieselmotor ist ein Viertakt-Vierzylindermotor von 280 mm Zyl.-Dmr., 450 mm Hub und 160 PS_e Leistung bei 250 Uml./min. Eine Überlastbarkeit von 30 vH ist möglich, ohne daß der Brennstoffverbrauch übermäßig ansteigt. Die Maschine ist nicht umsteuerbar, sondern treibt die Schiffsschraube über ein Wendegetriebe. Da der Motor beim Anlassen mit Luft im Zweitakt gesteuert

wird, kann er praktisch von jeder Stellung aus anlaufen, so daß ein Drehen des Motors von Hand nicht nötig ist.

Das für die Umsteuerung der Schraube eingebaute Wendegetriebe ist so ausgebildet, daß die Kraftleistung bei Rückwärtsfahrt durch drei als Stirnräder ausgebildete Räderpaare geleitet wird, die so stark bemessen sind, daß selbst bei einer Rückwärtsfahrt von einer halben Stunde und mehr stärkere Erwärmungen nicht auftreten. Durch weitgehende Verwendung von Kugellagern werden Erwärmungen der Lager völlig vermieden.

Bei Vorwärtsfahrt ist die Maschinenwelle mit der Schraubenwelle unmittelbar gekuppelt. Die Hebel des Wendegetriebes und des Motors können sowohl im Maschinenraum wie vom Steuerhaus bedient werden. Für das Anlassen des Motors sind zwei Flaschen von je 250 l Inhalt vorhanden, die durch einen an den Motor unmittelbar angebauten Kompressor mit Druckluft bis 25 at Spannung aufgefüllt werden. Bei nicht zu kalter Maschine springt der Motor noch bei Anlaßdrücken von 8 at an. Es ist möglich, ohne Aufpumpen den Motor dreißigmal hintereinander anzulassen.

Das Kühlwasser für die Zylinder wird von einer unmittelbar an den Motor angebauten Kolbenwasserpumpe von 5,6 m^3/h Leistung gefördert. Eine zweite Pumpe dient als Lenzpumpe, wobei die Einrichtung so getroffen ist, daß die beiden Pumpen mit Hilfe von Drehschiebern wechselseitig gegeneinander ausgetauscht werden können.

Bei den auf dem Prüffeld der Deutzer Motorenfabrik vorgenommenen Abnahmeversuchen wurde der Brennstoffverbrauch längere Zeit gemessen. Die Motoren trieben dabei Gleichstromerzeuger an, die auf das Betriebsnetz geschaltet waren. Die Dauerfahrten wurden mit der Normalleistung der Motoren von 160 PS_e ausgeführt und im Anschluß daran die Motoren für etwa ½ Stunde um 20 vH auf 192 PS_e überlastet. Als Brennstoff wurde Gasöl von etwa 0,85 spezifischem Gewicht verwandt. Die angestellten Brennstoffmessungen ergaben durchschnittlich 0,172 bis 0,175 kg/PS_eh Brennstoffverbrauch. Die Verbrennung war bei allen Belastungsstufen gut, der Auspuff völlig unsichtbar und geruchlos.

Während der ganzen Dauer der Versuche wurden an allen vier Zylindern der Motoren fortlaufend Diagramme genommen, die durchweg ein gleichmäßiges Arbeiten der Maschinen erkennen ließen.

Brennstoffbehälter und Rohrleitungen

Für die Unterbringung des Brennstoffes sind im Motorenraum zwei Vorratbehälter von zusammen 5,2 m^3 Inhalt aufgestellt, der für etwa 150 Fahrstunden ausreicht. Die Behälter werden von Deck aus gefüllt und sind durch eine Rohrleitung miteinander verbunden, aus der der Brennstoff durch eine Pumpe abgesaugt und in einen Tagesbehälter von 500 l Inhalt gedrückt wird, Abb. 1. An diesem befindet sich ein Schlammtrog, um feste Ölrückstände von der zum Filtertopf führenden Rohrleitung fernhalten zu können. Vom Filtertopf wird das Gasöl der Brennstoffpumpe zugeführt. Um im Notfall von einem Schlepper an einen anderen Brennstoff abgeben zu können, ist eine Überpumpvorrichtung in die Fahrzeuge eingebaut worden.

Für das Schmieröl ist ein für 300 Fahrstunden bemessener Schmierölbehälter vorgesehen. Ein Schmieröl-Sammelbehälter zur Rückgewinnung des Lecköles ist vorhanden. Die Rohrleitungen bestehen für Kühlwasser aus Kupfer, für Brennstoff, Druckluft und Auspuff aus Eisen und sind an den tiefsten Stellen mit Entwässerungsschrauben versehen.

Hilfsmaschinen

Für den Ausfall der Anlaßflanschen oder des Maschinen-Kompressors ist im Maschinenraum zur Aushilfe ein kleiner Demag-Kompressor von 19 m^3/h Ansaugeleistung und 30 at Verdichtungsdruck vorgesehen, der von einem unmittelbar mit ihm gekuppelten Deutzer kompressorlosen Zweitakt-Dieselmotor Bauart PM 117 von 6 PS_e Leistung bei 550 Uml./min angetrieben wird. Mit diesem Motor ist auch eine von den Atlaswerken in Bremen gelieferte Kreiselpumpe unmittelbar gekuppelt, die zu Bergungs- und Feuerlöschzwecken verwendet werden kann. Sie leistet bei 550 Uml./min 60 bis 80 m^3/h auf etwa 6 bis 7,0 m manometrische Förderhöhe.

Modellversuche

Bevor an die Bauausführung der Fahrzeuge nach Aufstellung der Entwürfe herangegangen wurde, wurde die gewählte Schiffsform mit dem für die Schraube vorgesehenen Tunnel in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt auf tiefem Wasser und im Kanalprofil auf ihren Widerstand hin untersucht.

Wenn auch der Eigenwiderstand des Schleppers nur einen Bruchteil des Schleppzug-Widerstandes ausmacht, so ist es dennoch wissenswert, um wieviel der Eigenwiderstand auf flachem Wasser ansteigt.

Die Versuche ergaben, daß der Eigenwiderstand auf tiefem Wasser nur so gering ist, daß mit 14 PS Maschinenleistung 10 km/h Geschwindigkeit erreicht werden. Im Kanalprofil verdoppelt sich der Widerstand bei 10 km/h Geschwindigkeit und beträgt bereits bei 13 km/h etwa das Sechsfache des Widerstandes auf tiefem Wasser. Hierdurch ist die Geschwindigkeit bei freier Fahrt im Kanal ohne weiteres begrenzt. Für die gewöhnliche Schleppgeschwindigkeit von 5 km/h ergab sich noch keine merkbare Änderung des Widerstandes, und die gewählte Schiffsform konnte daher in jeder Beziehung als günstig betrachtet werden.

Für einen günstigen Wasserzufluß zur Schraube und eine möglichst geringe Sogwirkung auf das Schiff wurde der Tunnel möglichst weit nach vorn gezogen.

Außer diesen Schleppversuchen wurden mit dem Schiffsmodell auch Schraubenversuche in der Hamburgischen Versuchsanstalt angestellt, um festzustellen, ob mit der gewählten Schraubenform die bei der Vergebung der Schlepper verlangte Zugleistung sicher erreicht wird, und wie diese von der vor der Schraube eingebauten Leitschraube nach Professor Haß verbessert wird.

Bei diesen Versuchen wurden die verschiedenen Schrauben durch einen in das Modell eingebauten Motor angetrieben, so daß das Modellboot wie in der Wirklichkeit durch seine eigene Schraube fortbewegt wurde. Es wurden dabei die Schraubendrehzahlen, der Drucklagerschub und die Drehleistung gemessen und auf Grund dieser Meßergebnisse der Trossenzug, die Drehzahl und die Leistung der Maschine ermittelt und daraus der Schleppgütegrad der Konstruktion festgestellt.

Die vor der Schraube eingebaute Haßsche Leitschraube, durch die der Drall des Schraubenstrahles verringert und damit die Schraubenleistung verbessert wird, ist aus Abb. 9 erkennbar. Die Schraubenversuche wurden mit und ohne Leitschraube ausgeführt. Die Druckfläche der einen Schraube war eine gewöhnliche Schraubenfläche, bei der zweiten nahm die Steigung nach der austretenden Kante hin zu. Die Versuche bestätigen die bekannte Tatsache, daß durch die Leitschraube der Schraubenwirkungsgrad erhöht und damit bei gleicher Motorleistung der Trossenzug vergrößert wird.

Die Ergebnisse der Schraube mit veränderlicher Steigung waren etwas günstiger als die der gewöhnlichen. Die Mehrleistungen waren aber nicht so groß, als daß die durch die schwierigere Anfertigung der Schraube bedingten Mehrkosten gerechtfertigt scheinen. Es ist daher für die Schlepper eine Schraube mit unveränderlicher Steigung von 1100 mm und 1450 mm Dmr. gewählt worden.

Abb. 9
Schraube und Haßsche Leitschraube am Paraffinmodell

Die Flügel der Leitschraube sind aus Stahlblechen von 6 mm Dicke hergestellt, die in Matrizen gebogen und durch Randschweißen zu doppelwandigen Hohlkörpern verbunden wurden. Zu ihrer Befestigung sind auf der Nabe Ansätze vorgesehen, auf die die hohlen Leitflügel aufgesteckt und angenietet wurden. Die Stahlgußnabe ist auf das Stevenrohr aufgezogen und durch eine Mutter befestigt. Um ein Mitdrehen der Leitschraube zu verhindern, ist der obere Leitflügel mit dem Schiffskörper durch Winkeleisen verbunden. Der Leitpropeller läßt sich nach Entfernen der Schraube leicht abziehen.

Die Schraubensteigung und ihre Flügelfläche wurden bei der naturgroßen Schraube gegenüber der Modellschraube etwas verändert. Außerdem wurde die Schraube mit aufgesetzten Stahlgußflügeln ausgeführt. Diese Bauart hat sich im bisherigen Betrieb des Schleppmonopols gut bewährt, da beim Aufschlagen der Schraube auf die Kanalböschung oder auf Eis häufig bloß ein Flügel beschädigt wird und dann nur dieser ausgewechselt zu werden braucht. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß nicht mehrere Ersatzschrauben, sondern nur eine Anzahl von Ersatzflügeln vorrätig zu sein brauchen. Bei den verschiedenen Schiffen sind dann die Steigungen durch Verdrehen auf den Flügeln verschieden eingestellt worden, um bei den endgültigen Schleppversuchen auf dem Rhein-Weser-Kanal die günstigste Schraubensteigung ermitteln zu können.

Die Abb. 10 bis 12 zeigen die ausgeführte Bauart der Schraube und der Leitschraube.

Der Bau der Fahrzeuge

Die Ablieferungsfristen für die Fahrzeuge waren so vereinbart, daß in allen Bauabschnitten die nötige Zeit zur Verfügung stand, um eine wirtschaftliche Ausnutzung der Arbeitkräfte zu ermöglichen, was insbesondere beim Bau der Schiffskörper ins Gewicht fällt.

Nach Angabe der Bauwerft konnten trotz scharfer Vorkalkulation 14 vH der für das fertige Eisenschiff angesetzten Arbeitstunden durch volle Ausnutzung aller Möglichkeiten gespart werden, die der Bau von fünf gleichen Fahrzeugen bei nicht zu knapp bemessener Bauzeit bot. Obwohl die Linienführung eines Schleppers und im vorliegenden Falle vor allem die Hinterschiffsform einer weitgehenden Fertigbearbeitung der Bauteile vor dem Aufstellen gewisse Schwierigkeiten bietet, wurde hierbei doch bis an die Grenze des Möglichen gegangen. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag demgemäß zunächst auf dem Schnürboden, wo die erforderlichen Schablonen ausgearbeitet wurden. Sämtliche Bleche wurden anschließend paketweise für alle fünf Fahrzeuge gebohrt, die Feuerplatten des Hinterschiffes nach Modellen vorgearbeitet, jedoch nicht gelocht, und die Profile fast restlos fertiggestellt.

Mit dem Aufstellen der Bauteile wurde erst begonnen, nachdem diese geordnet auf der Helling lagen. Die Bauzeit auf der Helling betrug bei dem ersten Fahrzeug 45 Arbeitstage bis zum Stapellauf, die der vier weiteren Fahrzeuge wich insofern von der ersten ab, als bei festliegenden Stapellauf- und Ablieferungsfristen die Kiellegungen erheblich früher stattfanden, als es durch diese Fristen bedingt war. Der Einbau der gesamten maschinellen Anlage war 20 Tage nach dem Stapellauf soweit fertig, daß alsdann der Motor laufen konnte und für anschließende Werftversuche, Malarbeit usw. noch eine Woche bis zur Probefahrt zur Verfügung stand.

Die Abnahme der Fahrzeuge

Vorläufige Abnahme

Vor der Überführung der Motorschlepper nach Minden fand in Hamburg eine vorläufige Abnahme der Fahrzeuge statt. Zur Feststellung der Zugkraft wurde das Fahrzeug durch eine Trosse mit starken Dalben unter Zwischenschaltung eines geprüften Zugkraftmessers (Bauart Schaeffer & Budenberg) verbunden, Abb. 13. Die Bedingungen lauteten: Die Zugkraft am Pfahl soll 2700 kg bei etwa 160 PS_e und 3000 kg bei äußerster Motorleistung betragen. Während der Messung wurden gleichzeitig der Zugkraftmesser beobachtet, die Drehzahlen gezählt und fortlaufend Diagramme aufgenommen. Die gestellten Bedingungen wurden von allen fünf Schleppern erheblich übertroffen. Es wurden statt einer Höchstleistung von 3000 kg Zug durchweg 3400 bis 3500 kg geleistet.

Bei der Freifahrt auf der Elbe sollte vor allen Dingen die Manövrierfähigkeit von Schiff und Maschine erprobt werden. Die mit den Fahrzeugen auf der Elbe erreichte Geschwindigkeit betrug etwa 10 kn. Eine volle Wendung wurde in 1¾ Minuten auf einem Kreise von etwa zwei Schiffslängen Durchmesser sowohl nach Steuerbord wie nach Backbord ausgeführt.

Die Leistung der Hauptmotorenanlage wurde bei vierstündiger Vollfahrt und einstündiger Fahrt mit verschiedenen Belastungsstufen festgestellt. Die Prüffeld-Ergebnisse wurden hierbei voll erreicht.

Abb. 10 bis 12 Schraube und Haßsche Leitschraube

RZ1865 Z10-12

Abb. 13. Pfahlprüfung

Zur Prüfung des Wendegetriebes wurde bei voller Fahrt voraus ohne Verminderung der Motordrehzahl das Getriebe mehrfach auf rückwärts eingestellt. Das Schiff stand von etwa 10 kn Geschwindigkeit voraus in etwa 20 bis 22 s still und begann darauf, sich rückwärts zu bewegen. Bei längerer Rückwärtsfahrt erwärmte sich das Getriebe nicht.

Überführung nach Minden und endgültige Abnahme

Nach Beendigung der vorläufigen Abnahme in Hamburg fuhren die fünf Motorschlepper nach Minden. Da im Sommer 1925 die Weser bis Minden einen ungewöhnlich niedrigen Wasserstand hatte, wurde der Weg von Hamburg über See nach Emden und von dort durch die Kanäle nach Minden gewählt. Alle fünf Schiffe kamen ohne Schwierigkeit nach 14 bis 16 h Seefahrt von Cuxhaven trotz teilweise sehr schwerer See wohlbehalten in Emden an. Von Emden aus oder in Bergeshövede wurden Schleppzüge für die Fahrt nach Minden angehängt.

In Minden wurden mit jedem Fahrzeug Schleppversuchsfahrten auf dem Rhein-Weser-Kanal ausgeführt, wobei wieder Maschinenleistung, Drehzahl, Trossenzug und Fahrgeschwindigkeit gemessen wurden. Hierbei wurden mit dem gleichen aus vier Kähnen mit zusammen 2400 t Ladung bestehenden Schleppzug endgültige Vergleichsfahrten angestellt. Sie hatten trotz der verschiedenen Schraubensteigungen nahezu gleiche Ergebnisse. Die günstigsten sind mit der Schraube von 1130 mm Steigung erreicht worden, während die Schraube mit 1050 mm Steigung etwas aus dem Rahmen herausfällt. Diese Steigung ist daher nachträglich entsprechend geändert worden.

Die für den Bau der Motorschlepper vorgenommenen Modellversuche sind bereits von andrer Seite[1]) veröffentlicht und im Zusammenhang damit auch die bei der endgültigen Abnahme der Fahrzeuge erzielten Ergebnisse erwähnt worden.

Für einen Vergleich dieser neuen Motorschlepper mit Dampfschleppern des Schleppmonopols hinsichtlich des Schleppleistungs-Wirkungsgrades und des Wirkungsgrades der Schraubenanordnung sind in Abb. 14 die mit Schleppdampfern und Motorschleppern festgestellten Wirkungsgrade $\eta = \frac{Z\,v_m}{75\,\text{WPS}}$ über den Belastungsgraden $\frac{Z}{v_s^2\,D^2}$ aufgetragen worden. Z bedeutet den Trossenzug in kg, v_m die Schleppgeschwindigkeit in m/s, v_s dieselbe Geschwindigkeit in km/h, D den Schraubendurchmesser in m. Die ausgezogenen Kurven entsprechen hierbei den Schleppern mit und die gestrichelten denen ohne Leitpropeller. Die Verbesserung des Wirkungsgrades der Schleppleistung beträgt bei beiden Schlepperarten etwa 15 vH.

Der besseren Übersicht halber sind in Abb. 15 die in der Hamburger Schiffbau-Versuchsanstalt gewonnenen Ergebnisse der Schleppversuche mit dem Modell der Motorschlepper mit und ohne Leitschraube in der gleichen Weise über den Belastungsgraden aufgetragen worden. Aus ihnen ergibt sich auch, daß die Anordnung von Leitschrauben einen Gewinn von 15 vH ergeben hat.

Die praktischen Versuche haben also das Ergebnis der Modellversuche bestätigt.

Betriebsergebnisse

Der letzte Motorschlepper wurde im September 1925 abgeliefert, so daß alle fünf Schlepper nunmehr eine einjährige Betriebzeit hinter sich haben. Während dieser Zeit sind sie eingehend beobachtet und mit den Dampfschleppern verglichen worden. Wenn auch nach der kurzen Betriebsdauer ein abschließendes Urteil über die Motorschlepper noch nicht abgegeben werden kann, so kann doch gesagt werden, daß die Schlepper während dieser Zeit zur vollsten Zufriedenheit gearbeitet haben. Störungen an den Antriebmotoren und Hilfsmaschinenanlagen sind nicht eingetreten. Die gute Manövrierfähigkeit infolge der kurzen Bauart der Fahrzeuge ist auf der engen Wasserstraße des Kanals von Vorteil, ihre Form hat sich beim Eisbrechen bewährt.

Da die Motordrehzahl in weiten Grenzen geändert werden kann und das Wendegetriebe leicht und sicher zu handhaben ist, können die Schleppzüge ebenso langsam anfahren, wie bei Dampfantrieb. Die Trossen des angehängten Schleppzuges sind daher nicht beim Anfahren gefährdet. Alle Manöver beim Aufnehmen und Ablegen der Schleppzüge haben sich bisher mit den Motorschleppern glatt ausführen lassen, ohne daß dabei ein Unfall eingetreten wäre.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 103 und „Schiffbau" Bd. 27 (1926) S. 476.

Abb. 14
Ergebnisse der Schleppfahrt im Kanal mit Dampfschleppern und Motorschleppern

	Schlepper	Leitschraube	Schraube Dmr.	Schraube Steigung
Dampfschlepper	M 103	—	1400	900 Eintritt, 1300 Austritt
	M 104	—	1400	1100 Eintritt, 1400 Austritt
	M 118	—	1500	1750
	M 126	Prof. Haß	1500	
Motorschlepper	H 121	Prof. Haß	1450	1130
	H 122	„	„	1100
	H 123	„	„	1150

Abb. 15. Ergebnisse der Schleppversuche mit dem Modell der Motorschlepper mit und ohne Leitschraube der Bauart Haß

Zahlentafel 1. Zusammenstellung der Leistungen Oktober bis Dezember 1925

Anzahl und Art der Schlepper	Betriebskosten RM	Schleppfahrt h	Leerfahrt h	im ganzen h	Tragfähigkeit × Strecke tkm	Ladung × Strecke tkm	Bemerkungen
5 Motorschlepper von Janßen & Schmilinsky	7 375,88	986	33		9 058 321	6 337 037	Im Dezember war der Betrieb vom 5. bis 12. durch Eis behindert und vom 16. bis 19. wegen Eisgang eingestellt. Der Eisbrechdienst wurde in der Hauptsache von den Motorschleppern und Kieler Dampfern versehen, die Schichau-Dampfer sind dazu wegen ihrer dafür nicht passenden Bauart weniger herangezogen worden.
	7 464,04	951	58		8 463 234	6 164 263	
	6 616,94	604	150		5 036 609	3 312 216	
	21 456,86	2541	241[1])	2621	22 558 164	15 813 516	
5 Schleppdampfer von den Deutschen Werken in Kiel	9 306,92	997	19		9 479 625	6 818 003	
	9 139,48	980	34		8 745 420	6 375 467	
	7 938,17	598	169		4 820 091	3 627 030	
	26 384,57	2575	222[1])	2649	23 045 136	16 820 500	
5 Schleppdampfer von F. Schichau, Elbing	8 937,23	951	61		8 550 312	5 883 916	
	8 032,82	820	23		7 269 616	5 331 135	
	6 939,76	397	82		2 834 707	1 936 434	
	23 909,81	2168	166[1])	2223	18 654 635	13 151 485	

[1]) In der folgenden Spalte ist nur ein Drittel dieser Zeit berücksichtigt.

Über die Unkosten der Motorschlepper ist von dem Staatlichen Schleppamt Hannover dauernd Buch geführt worden. Die Wirtschaftlichkeit der Motorschlepper gegenüber den Dampfern im Betrieb ist sehr von den Betriebstoffpreisen abhängig. Um die Wirtschaftlichkeit zu prüfen, wurden die fünf Motorschlepper mit zwei Gruppen von je fünf völlig gleichen Dampfern des Schleppamts bezüglich der Betriebsergebnisse verglichen. Zahlentafel 1 zeigt die Ergebnisse des ersten Vierteljahres (Oktober bis Dezember 1925), in dem alle Motorschlepper im Betriebe waren. Die Unterhaltkosten während dieser Zeit sind hierbei mit Rücksicht auf das verschiedene Alter der Fahrzeuge nicht berücksichtigt worden.

Die im Jahre 1922 von den Deutschen Werken in Kiel gebauten und 1923 in Dienst gestellten Dampfer (Kieler Dampfer) sind mit künstlichem Zug (Schornsteinturbine Bauart Haß), Dampfüberhitzern, Kugellagern für die Welle und Leitpropellern Bauart Haß ausgestattet und arbeiten für Dampfschiffe sehr wirtschaftlich. Die von Schichau, Elbing, im Jahre 1913 gebauten und 1914 eingestellten Dampfer sind gewöhnliche Dampfer mit Oberflächenkondensator ohne neuere maschinentechnische Ausrüstung, wie sie die Kieler Dampfer haben. Für die Kohlen (Ruhr-Nußkohlen I und II) ist ein Preis frei Bunker von 27,30 RM für 1000 kg angesetzt, in dem alle Kosten für Überführung und Umschlag enthalten sind.

Der Preis des Gasöles betrug bis zum 31. Dezember 1925 13,00 RM für 100 kg frei Bunker Motorschlepper und einschließlich Steuer. Vom 1. Januar 1926 ab beträgt der Preis nur 12,50 RM. Bei der Auswertung der Betriebsergebnisse müssen Leer- und Schleppfahrten unterschieden werden, da der Brennstoffverbrauch sehr stark voneinander abweicht. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß ein Schlepper jeder der drei Arten bei der Leerfahrt ungefähr nur ein Drittel des Betriebstoffes verbraucht, der für die Schleppfahrt erforderlich ist. In Zahlentafel 1 sind daher die Leerfahrtstunden mit einem Drittel zu Schleppfahrtstunden gerechnet und diesen zugezählt worden. Aus Zahlentafel 2 geht hervor, daß die Motorschlepper bisher um durchschnittlich 18 vH billiger als die Kieler Dampfer und um 34 vH billiger als die älteren Schichau-Dampfer gearbeitet haben.

Baukosten

Die Baukosten jedes Motorschleppers haben einschließlich der Überführungskosten nach Minden rd. 107 000 RM betragen.

Diese Kosten setzen sich wie folgt zusammen:

1.	Schiffskörper	33 000 RM
2.	Innenausbau, Schleppgeschirr, Ankerwinde usw.	3 700 „
3.	Hauptmaschinenanlage mit allem Zubehör und Rohrleitungen	46 600 „
4.	Hilfsmaschinenanlage wie vor.	4 750 „
5.	Beleuchtungs- und Heizungsanlage . .	4 200 „
6.	Ausrüstung	4 500 „
7.	Ersatzteile	5 750 „
8.	Überführung einschließlich Versicherung	4 500 „
	Zusammen:	107 000 RM.

[B 1865]

Zahlentafel 2. Betriebsergebnisse und Wirtschaftlichkeit

Anzahl und Art der Schlepper	Leistung nach der Tragfähigkeit tkm/h	Leistung nach der Ladung tkm/h	Mehr oder weniger geleistet gegenüber den Motorschleppern nach Tragfähigkeit tkm/h	Tragfähigkeit vH	Ladung tkm/h	Ladung vH	Betriebskosten je Schleppfahrtstunde RM	Betriebskosten umgerechnet auf die Leistung der Motorschlepper je Schleppfahrtstunde RM	Verhältnis vH
5 Motorschlepper von Janßen & Schmilinsky	8610	6030	—		—		8,19	8,19	100
5 Schleppdampfer von den Deutschen Werken in Kiel	8680	6350	+ 70	+ 0,8[1])	320	+ 5,3[1])	9,96	9,96 − 0,30[3]) = 9,66	118
5 Schleppdampfer von F. Schichau, Elbing	8390	5920	— 220	— 2,6[2])	— 110	— 1,8[2])	10,76	10,76 + 0,22[3]) = 10,98	134

[1]) Im Mittel + 3 vH. [2]) Im Mittel — 2,2 vH. [3]) Aus [1]) und [2]).

Wärmeaustauschverluste in Lokomotivzylindern

Von Dr.-Ing. Fritz Loewenberg, Schenectady, N.-Y.

Versuche an deutschen und amerikanischen Lokomotiven werden kalorimetrisch durchgerechnet, und eine Gleichung zur Bestimmung des durch die Eintrittsabkühlung entstehenden Dampfverlustes wird aufgestellt. — Bei ausreichender Überhitzung ergibt sich, daß die Höhe des Verlustes im wesentlichen von der Umlaufzahl und der Leistung abhängig ist.

Über Dampfverlust, der durch den gegenseitigen Wärmeaustausch zwischen Dampf und Zylinderwandung entsteht, ist in der Lokomotivliteratur noch nichts Sicheres bekannt. Für ortfeste Maschinen sind von Hirn, Clausius, Grashof, Zeuner, Rankine, Boulvin, Schroeter, Krauß, Dörfel, Schüle u. a. Wärmeaustauschberechnungen angestellt worden. Kalorimetrische Untersuchungen von vier Lokomotivdiagrammen sind in „Eisenbahntechnik der Gegenwart", Band „Heißdampflokomotiven mit einfacher Dehnung", 3. Aufl.[1]), veröffentlicht. Leider sind bei diesen Untersuchungen einige Irrtümer unterlaufen, die teilweise auf mißverständlicher Auslegung des Boulvin-Diagramms beruhen[2]). Diese Darstellungsart eignet sich nicht zur rechnerischen Untersuchung der einzelnen Diagrammstrecken. Schüle weist in seinem Buche „Technische Thermodynamik", Band 2, erschöpfend die Unterschiede nach, die zwischen dem wirklichen Vorgang und dem dem Boulvin-Diagramm zugrunde liegend gedachten Vorgang bestehen, soweit es sich um die Wärmeverschiebungen innerhalb der einzelnen Diagrammstrecken handelt. In den folgenden Berechnungen sind neben einer Anzahl neuer Lokomotivuntersuchungen auch die vier Diagramme aus „Eisenbahntechnik der Gegenwart" nochmals durchgerechnet.

Jede kalorimetrische Untersuchung muß von einer Annahme bezüglich des Dampfzustandes in einem Punkte des Diagramms ausgehen. Die Hirnsche Annahme, daß bei Sattdampfbetrieb der Dampf bei Beginn der Verdichtung trocken gesättigt ist, hat auch für nicht sehr hohe Überhitzungen viel Wahrscheinlichkeit für sich. Verfolgt man nämlich den wirklichen Verlauf des Dampfzustandes vom Beginn der Einströmung bis zum Ende der Ausströmung im *TS*-Diagramm, so muß sich im ersten Teil dieser Zustandsänderung Wärmeabgabe, d. h. Verlauf in Richtung verminderter Entropie, im zweiten Teil Wärmeaufnahme, d. h. Verlauf in Richtung vergrößerter Entropie ergeben. Die von den Wandungen aufgenommene und abgegebene Wärme muß, wenn man den Wärmeaustausch während der Verdichtung vernachlässigt, in dem betrachteten Diagrammabschnitt etwa gleich groß sein. Da nun bis zum Beginn des Ausströmens die ganze Dampfmenge an dem Wärmeaustausch teilnimmt, während von dem Beginn des Ausströmens an eine dauernd geringer werdende Dampfmenge der Rückgabe der Wärme aus den Wandungen unterworfen ist, so ergibt sich, daß der Dampfrest am Ende der Ausströmung mehr Wärme aufgenommen als abgegeben haben muß. Sein Zustand muß also um so mehr nach der Seite vergrößerter Entropie gegenüber der Anfangszustands-Adiabate verschoben liegen, je größer der gesamte Wärmeaustausch war, Abb. 1.

Bei geringen Überhitzungen spielt sich nun die Ausdehnung nur teilweise im gesättigten Gebiet ab. Jedoch ist die gesamte Wärmeverschiebung gegenüber dem reinen Sattdampfbetrieb verringert. Daher liegt hier der Zustand am Ende der Ausströmung nicht so weit nach der Seite vergrößerter Entropie von der Anfangszustands-Adiabate verschoben wie bei Sattdampf. Daraus ergibt sich, daß auch in diesem Falle der Zustand in der Nähe der Sättigungskurve liegen muß. Hat man mit Hilfe einer Annahme die kalorimetrische Untersuchung durchgeführt und das Ergebnis ins Entropiediagramm übertragen, so kann man nach diesen Überlegungen im einzelnen Falle leicht feststellen, ob die gemachte Annahme wahrscheinlich ist. Man findet, daß man bei hohen Anfangsüberhitzungen auch für den Ausströmungs-Endzustand zur Annahme einer gewissen Überhitzung gezwungen ist. Es muß noch darauf hingewiesen werden, daß infolge der verhältnismäßig geringen Menge des Restdampfes im Vergleich zum frisch hinzutretenden Dampf Unterschiede in der gemachten Annahme sehr geringen Einfluß auf das Endergebnis haben.

Der Rechnungsgang, soweit er für den vorliegenden Zweck in Betracht kommt, soll kurz angegeben werden. Es bezeichne: p den Dampfdruck in kg/m², t die Temperatur, x den Dampfgehalt in vH, v das spezifische Volumen in m³/kg, i den Wärmeinhalt bei konstantem Druck in kcal/kg, u die innere Energie in kcal/kg, V das im Zylinder befindliche Dampfvolumen in m³. Die Beizeichen 1, 2, 3, 4 beziehen sich auf Verdichtungsanfang, Verdichtungsende, Füllungsende, Vorausströmungsbeginn, Abb. 2. G_r sei die Restdampfmenge für 1 Hub in kg, G_f die bei 1 Hub eintretende und austretende Frischdampfmenge in kg, i_f der Wärmeinhalt des Frischdampfes in kcal/kg, N die indizierte Leistung der untersuchten Zylinderseite in PS, D der spezifische Dampfverbrauch in kg/PS$_i$ h, n die Umlauf-

[1]) „Die Eisenbahntechnik der Gegenwart", 1. Bd. 1. Abschn. 1. Teil 2. Hälfte: Heißdampflokomotiven mit einfacher Dehnung des Dampfes.

[2]) Daneben ist auch mit dem „Wärmeinhalt" gerechnet, wo „innere Energie" stehen müßte, und die wohl sicher unhaltbare Annahme gemacht, daß der Dampf am Ende der Verdichtung trocken ist. Dementsprechend sind auch die Ergebnisse unrichtig, wie sich schon darin zeigt, daß „Wärmeabgabe des Dampfes" bei der Ausströmung errechnet wird, wo der Dampf doch sicher am kältesten ist.

Abb. 1. *T-S*-Diagramm des Expansionsverlaufes für Sattdampf und Heißdampf

Abb. 2. Untersuchtes Indikatordiagramm der Reichsbahnlokomotive T 16

zahl in Uml./min. Es sei ferner L_{1-2}, L_{2-3}, L_{3-4}, L_{4-1} die mechanische Arbeit zwischen den durch die Beizeichen angegebenen Punkten in kcal/Uml., wie sie durch Planimetrieren aus den Diagrammen hervorgehen. Dabei soll das positive Vorzeichen Arbeitsübertragung auf die Maschine, das negative Arbeitsabgabe der Maschine bedeuten. Q_{1-2}, Q_{2-3}, Q_{3-4}, Q_{4-1} seien die ausgetauschten Wärmemengen, wobei das positive Vorzeichen Wärmeabgabe von dem Dampf an die Wandung, das negative Wärmeabgabe von der Wandung an den Dampf bedeutet.

Die Annahme für Punkt 1 liefert x_1 oder t_1. Aus der TS-Tafel erhält man i_1 und ferner $u_1 = i_1 - A\, p_1 v_1$. Es ist $v_2 = v_1 \frac{V_2}{V_1}$, woraus sich mit dem aus dem Diagramm abgegriffenen p_2 und der Callendarschen Zustandsgleichung t_2, dann i_2 und u_2 ergeben. Aus der Gleichung

$$G_r u_1 + L_{1-2} - Q_{1-2} - G_r u_2 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

erhält man Q_{1-2}. Es ist $G_f = \frac{N D}{n\, 60}$ und ferner $v_3 = \frac{V_3}{G_r + G_f}$. Damit sind t_3, i_3, u_3 bestimmt, und die Gleichung:

$$G_r u_2 + L_{2-3} + G_f i_f - Q_{2-3} - (G_r + G_f)\, u_3 = 0 \quad . \quad (2)$$

liefert Q_{2-3}. Entsprechend wird die Gleichung

$$(G_r + G_f)\, u_3 + L_{3-4} - (G_r + G_f)\, u_4 = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

zur Bestimmung von Q_{3-4} benutzt. Da der Wärmeinhalt des Auspuffdampfes bei Lokomotiven nicht ohne weiteres zu bestimmen ist, errechnet man Q_{4-1} aus der Bedingung, daß die algebraische Summe der an die Wandung abgegebenen und von ihr an den Dampf zurückgegebenen Wärme innerhalb eines Arbeitspieles bei Vernachlässigung der Wärmeabgabe nach außen gleich null sein muß. Die Gleichung:

$$Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-4} + Q_{4-1} = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

liefert demnach Q_{4-1}.

Beispiel: Als Grundlage dient das Diagramm Abb. 2 der deutschen Tenderlokomotive, Gattung T 16, die auch in „Eisenbahntechnik der Gegenwart", Band „Heißdampflokomotiven", 3. Aufl., S. 889 u. f. untersucht worden ist. Für die Berechnung des Wärmeinhalts ist die TS-Tafel der 5. Auflage von Stodola: „Dampfturbinen" benutzt worden, während für die spezifischen Volumina die Angaben des Taschenbuches „Hütte", 25. Aufl. und die Callendarsche Zustandsgleichung benutzt wurden.

Es ist: Hubvolumen 0,1896 m³, Volumen des schädlichen Raumes 0,01896 m³ oder 10 vH. Frischdampfdruck 13,2 at abs, Frischdampftemperatur 332 °C, somit $i_f = 743$ kcal/kg. $N = 207$ PS, $n = 65$ Uml./min, $D = 10$ kg/PS$_i$ h, somit $G_f = \frac{207 \cdot 10}{65 \cdot 60} = 0{,}532$ kg. Verdichtungsbeginn 18,6 vH, Voreinströmung 0,5 vH, Füllung 48 vH, Vorausströmung 81,7 vH.

Aus dem Diagramm ergibt sich: $p_1 = 1{,}43$ at abs; Annahme: $x_1 = 100$ vH, daher $v_1 = 1{,}255$ m³/kg, $i_1 = 642$ kcal/kg, $u_1 = 642 - 42 = 600$ kcal/kg. Ferner $V_1 = \left(\frac{18{,}6 + 10}{100}\right) \cdot 0{,}1896 = 0{,}0542$ m³, $G_r = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0{,}0542}{0{,}1255} = 0{,}0432$ kg und $V_2 = \left(\frac{0{,}5 + 10}{10}\right) \cdot 0{,}1896 = 0{,}0199$ m³,

$$v_2 = 1{,}255 \cdot \frac{0{,}0199}{0{,}0542} = 0{,}46 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

Aus dem Diagramm: $p_2 = 5$ at abs, daher $t_2 = 226$ °, $i_2 = 694$ kcal/kg, $u_2 = 694 - \frac{1}{427} \cdot 50\,000 \cdot 0{,}46 = 640$ kcal/kg. Ferner $V_3 = \left(\frac{48 + 10}{100}\right) \cdot 0{,}1896 = 0{,}11$ m³, $v_3 = \frac{0{,}11}{0{,}532 + 0{,}0432} = 0{,}191$ m³/kg.

Aus dem Diagramm: $p_3 = 11{,}3$ at abs, daher $t_3 = 210$ °C, $i_3 = 679$ kcal/kg, $u_3 = 679 - 51 = 628$ kcal/kg. Ferner $V_4 = \left(\frac{81{,}7 + 10}{100}\right) \cdot 0{,}1896 = 0{,}1738$ m³, $v_4 = \frac{0{,}1738}{0{,}532 + 0{,}0432} = 0{,}302$ m³/kg.

Aus dem Diagramm: $p_4 = 6{,}5$ at abs, daher $t_4 = 165$ °, $i_4 = 661$ kcal/kg, $u_4 = 661 - 46 = 615$ kcal/kg.

Durch Planimetrierung ist ferner aus dem Diagramm festgestellt worden: $L_{1-2} = +2{,}07$ kcal, $L_{2-3} = -24{,}6$ kcal, $L_{3-4} = -13{,}05$ kcal, $L_{4-1} = +2{,}02$ kcal.

Will man nun die ausgetauschten Wärmemengen statt auf 1 Umdrehung auf 1 PS$_i$ h beziehen, so hat man in den folgenden Wärmegleichungen alle Größen mit der Zahl z zu multiplizieren, die die Anzahl der Umläufe für 1 PS$_i$ h angibt. Es ist $z = \frac{n\, 60}{N} = \frac{65 \cdot 60}{207} = 18{,}8$. Nun ergibt sich

$$Q_{1-2} = 0{,}0432 \cdot 600 \cdot 18{,}8 + 2{,}07 \cdot 18{,}8 - 0{,}0432 \cdot 640 \cdot 18{,}8 = 7 \text{ kcal/PS}_i \text{ h}$$

$$Q_{2-3} = 0{,}0432 \cdot 640 \cdot 18{,}8 - 24{,}6 \cdot 18{,}8 + 0{,}532 \cdot 743 \cdot 18{,}8 - (0{,}532 + 0{,}0432) \cdot 628 \cdot 18{,}8 = 697 \text{ kcal/PS}_i \text{ h}$$

$$Q_{3-4} = (0{,}532 + 0{,}0432) \cdot 628 \cdot 18{,}8 - 13{,}05 \cdot 18{,}8 - (0{,}532 + 0{,}0432) \cdot 615 \cdot 18{,}8 = -106 \text{ kcal/PS}_i \text{ h}$$

$$Q_{4-1} = -7 - 697 + 106 = -598 \text{ kcal/PS}_i \text{ h}.$$

In der gleichen Weise wurden 21 weitere Diagramme durchgerechnet. Es handelt sich um folgende Lokomotiven:

1. 2 B - Sattdampf - Zweizylinder - Personenzuglokomotive mit einfacher Dampfdehnung, „Schenectady Nr. 2", gebaut 1893 von der American Locomotive Company in Schenectady. Versuche von Prof. W. F. M. Goss sind veröffentlicht in „University of Illinois, Bulletin Nr. 26" (1908) und „Bulletin Nr. 57" (1912). Die Lokomotive hat 406 mm Zylinderdurchmesser, 610 mm Hub und 1759 mm Treibraddurchmesser. Sie war für Sattdampf gebaut und wurde für die Heißdampfversuche mit Cole - Überhitzer ausgerüstet. Die drei hier durchgerechneten Versuche sind auch in „Eisenbahntechnik der Gegenwart" 3. Aufl. S. 871 behandelt. Die Berechnung für 370 ° Frischdampftemperatur ist nicht auf ein von der Maschine abgenommenes Diagramm gegründet, sondern auf ein konstruiertes Diagramm aus „Eisenbahntechnik der Gegenwart".

2. 1 D 1 - Heißdampf-Zweizylinder-Güterzuglokomotive mit einfacher Dampfdehnung, gebaut in den Juniata-Werkstätten der Pennsylvania Railroad Company im Jahre 1914. Versuche mit dieser Lokomotive fanden auf dem Prüfstand dieser Gesellschaft in Altoona statt. Der Bericht darüber ist im Bulletin Nr. 28 der Pennsylvania Railroad Company enthalten. Die Lokomotive hat 686 mm Zylinderdurchmesser, 763 mm Hub, 1572 mm Treibraddurchmesser, Reibungsgewicht 107 t.

3. 2 C 1 - Heißdampf - Zweizylinder - Schnellzuglokomotive mit einfacher Dampfdehnung, gebaut 1914 in den Juniata-Werkstätten. Versuche auf dem Prüfstand in Altoona im Jahre 1915 sind veröffentlicht als Bulletin Nr. 29 der Pennsylvania Railroad Company. Zylinderdurchmesser 686 mm, Hub 642 mm, Treibraddurchmesser 2030 mm, Reibungsgewicht 92,5 t.

4. 1 D 1 - Heißdampf-Dreizylinder-Güterzuglokomotive mit einfacher Dampfdehnung, gebaut 1925 von der American Locomotive Company für die Missouri-Pacific-Eisenbahn. Versuche auf dem Prüfstand in Altoona sind veröffentlicht im „Railway Mechanical Engineer" Bd. 99 (1925) S. 462. Zylinderdurchmesser 686 mm, Hub der Außenzylinder 813 mm, des Innenzylinders 711 mm, Treibraddurchmesser 1600 mm, Reibungsgewicht 111 t.

5. 1 E - Heißdampf - Zweizylinder - Güterzuglokomotive mit einfacher Dampfdehnung, gebaut 1923 von den Baldwin Locomotive Works für die Pennsylvania Railroad. Die Ergebnisse der Prüfung in Altoona sind veröffentlicht als Bulletin Nr. 32 der Pennsylvania Railroad. Diese Lokomotive ist für rd. 50 vH Höchstfüllung entworfen, im Gegensatz zu 85 vH Höchstfüllung, die sonst im amerikanischen Betrieb üblich sind, und hat dementsprechend vergrößerte Zylinder, nämlich 775 mm Dmr., 813 mm Hub. Der Treibraddurchmesser beträgt 1572 mm, das Reibungsgewicht 160 t.

In Abb. 3 sind für fünf der durchgerechneten Versuche die Wärmeverschiebungen zu den verschiedenen Zeiten in Diagrammform aufgetragen. Für sämtliche behandelten Fälle gibt die Spalte VII der Zahlentafel 1 die während der Einströmung abgegebenen Wärmemengen in kcal/PS$_i$ h. In den fünf Fällen der Abb. 3, wie auch in den meisten übrigen, findet während der Verdichtung eine geringe Wärmeabgabe des Dampfes statt, während bei der Dehnung der Dampf teilweise recht erhebliche Wärmemengen aufnimmt. Von 1650 kcal/PS$_i$ h bei der Satt-

lampfmaschine geht die Wärmeabgabe herunter bis auf 100 kcal/PS_i h bei einigen der Heißdampfversuche. Es be-tätigt sich somit die Erfahrung, daß der Heißdampf in-folge seiner geringen Wärmeleitfähigkeit den Wärmeaus-tausch auf einen Mindestwert herabsetzt.

Die festgestellten absoluten Beträge an ausgetauschter Wärme besagen aber ohne weiteres noch nichts über den Schaden, den der Wirkungsgrad der Maschine durch die Dampfabkühlung erleidet. Die Frage entsteht, welcher Bruchteil der wirklich verbrauchten Dampfmenge in den einzelnen Fällen gespart werden würde, wenn kein Wärme-austausch stattfände und alles Übrige unverändert bliebe. Von der Betrachtung seien zunächst die Vorteile des Heiß-dampfprozesses ausgeschieden, die auf dem besseren Wir-kungsgrad seines Idealprozesses nach Rankine gegenüber dem Naßdampf beruhen. In Spalte IV der Zahlentafel 1 sind für alle Fälle die Wirkungsgrade des wirklichen Pro-zesses in vH der Wirkungsgrade des Rankine-Prozesses, d. h. das Verhältnis des Dampfverbrauches eines Rankine-Prozesses zum wirklichen Dampfverbrauch, angegeben. Als Grenzen für den Rankine-Prozeß wurden dabei der im Zweigrohr zwischen Überhitzer und Schieberkasten festgestellte Dampfzustand und 1 at abs angesehen. An den so errechneten Wirkungsgraden ist auffallend, daß die Zahlen für Heißdampf nicht so erheblich besser sind als für Naßdampf, als man nach der Verringerung des Wärmeaustauschbetrages erwarten sollte. Daß zwischen dem Verlust durch Wärmeaustausch und dem absoluten Betrage der abgegebenen Wärme keine Verhältnisgleich-heit besteht, kann man sich an Hand von Abb. 4 vergegen-wärtigen. a bezeichnet den Zustand trocken gesättigten Dampfes, a' den überhitzten Dampfes von gleichem Druck. Entzieht man diesen beiden Dampfarten die gleichen Wärmemengen bei unverändertem Druck, so daß die Dampfzustände durch b und b' gegeben sind, so ist klar, daß für den überhitzten Dampf der Anteil der entzogenen Wärme, der in dem folgenden Arbeitsvorgang in mecha-nische Arbeit umgesetzt werden würde, und darauf allein kommt es ja an, größer ist als für Sattdampf. Beispiel: Dampf bei a 10 at abs, trocken gesättigt, Wärmeinhalt 663 kcal, adiabatisches Wärmegefälle bis 1 at abs = 93,5 kcal. Die Wärmeentziehung bei gleichem Druck betrage 48 kcal, daher Wärmeeinheit bei b 615 kcal, adiaba-tisches Wärmegefälle 85 kcal. Der thermodynamisch aus-nutzbare Anteil der entzogenen Wärme beträgt somit 93,5 — 85 = 8,5 kcal. Zustand des Heißdampfes bei a' 10 at abs, 350°,

Abb. 3. Wärmeverschiebungen zu den verschiedenen Zeiten für fünf durchgerechnete Versuche

Wärmeinhalt 753 kcal, adiabatisches Wärmegefälle bis 1 at abs = 121 kcal. Wärmeentziehung wieder 48 kcal, daher Wärmeinhalt bei b' 705 kcal, adiabatisches Wärmegefälle 103 kcal. Der ausnutzbare Anteil der entzogenen Wärme beträgt somit 121 — 103 = 18 kcal.

Wenn also auch der absolute Betrag der ausgetausch-ten Wärme für Heißdampf sehr gering ist gegenüber Sattdampf, so wird dies doch teilweise dadurch aus-geglichen, daß der Heißdampf gegenüber Abkühlungsver-lusten im thermodynamischen Sinne erheblich empfindlicher ist als Naßdampf. Dies gilt nun zunächst für eine bis auf die Eintrittsabkühlung verlustlose Maschine. Der Wärmeverlust bei der wirklichen Maschine kann mit Hilfe der folgenden Rechnung aus dem Vergleich des

Zahlentafel 1

Lfd. Nr.	Vers. Nr.	Lokomotive	Frischdampfdruck at abs	Frischdampftemp. °C	Füllung vH	Wirkungsgrad, bez. auf Rankine vH	Leistung d. untersuchten Zyl.-Seite PS_i	Uml./min	Wärmeabgabe beim Einstr. kcal/PS_ih	Verlust in vH des Dampfverbrauches
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	73	2 B-Zweizyl.-Naßdampf-Lokomotive	12,3	$x = 0,991$	33,1	53,7	116	146	1648	28,6
2	121		12,3	284	34,2	56,7	120,5	146	1043	28,8
3			12,3	370	34,2	59,9	120,5	146	495	21,5
4		E-Zweizyl.-Heißdampf-Tenderlokomotive der deutschen Reichsbahn, Gattung T 16	13,2	332	48	49,5	207	65	697	24
5	3945	1 D 1-Zweizyl.-Heißdampf-Güterzuglokomotive	15,1	269	48,3	53,6	239,5	40	691	20,6
6	3941		14,9	280	50,2	60,8	422	80	299	12,7
7	3572		14,3	290	49,1	60,2	590	120	406	17,5
8	3921		14,6	287	50	62,5	632	160	245	11,4
9	4017	2 C 1-Zweizyl.-Heißdampf-Schnellzuglokomotive	15	278	36,2	64,3	419	120	264	13,5
10	4026		14,9	294	36,7	68	583	200	199	9,3
11	4033		14,5	287	37,7	68	655	280	139	7,4
12	4058		14,7	305	35,6	70	769	360	98	4
13	6903	1 D 1-Dreizyl.-Heißdampf-Güterzuglokomotive	14,6	308	31	64,5	237,5	80	336	16,6
14	6923		14,1	366	61	55	552	160	214	10
15	5928	1 E-Zweizyl.-Heißdampf-Güterzuglokomotive	18,4	282	31,5	55,7	296	40	672	23,8
16	5926		18,4	303	31,6	62,5	5 8	80	456	22,2
17	5915		18	312	29,6	67,2	606	120	289	15
18	5921		17,9	323	31	68,4	734	160	214	11,1
19	5940		18,2	302	56,3	49,6	426	40	500	19,5
20	5927		18,1	340	50,5	59,6	698	80	223	10,3
21	5917		17,6	346	49,3	61	902	120	133	6,3
22	5936		17	346	51,3	59,2	995	160	90	4

Abb. 4. *T-S*-Diagramm von Wärmeentziehung bei gleichem Druck für Heißdampf (a', b') und Sattdampf (a, b)

wirklichen Indikatordiagramms mit dem eines gedachten Prozesses abgeleitet werden. Der Wärmeaustausch bei der Verdichtung bleibe vorerst unberücksichtigt, und der Zustand des Dampfes bei Beginn des Voreinströmens sei der gleiche wie im wirklichen Diagramm. Jedoch soll im gedachten Prozeß jede Wärmeabgabe an die Wandung während des Einströmens vermieden sein. Trotzdem soll der gedachte Prozeß den gleichen Druckverlauf während des Einströmens haben wie der wirkliche. Dies kann durch geeignetes Vergrößern oder Verkleinern der Schieberöffnung und somit verkleinerte oder vergrößerte Drosselung theoretisch erreicht werden. Im gedachten Prozeß hat somit der Dampf bei Füllungsende den gleichen Druck p_3 wie im wirklichen Diagramm, und die vom Dampf während der Einströmung abgegebene mechanische Arbeit ist unverändert L_{2-3}. Dagegen ist statt der Dampfmenge G_f die Dampfmenge $y\,G_f$ eingeströmt; der Zustand am Ende der Füllung sei v_3', t_3', i_3', u_3'. Dann müssen folgende Gleichungen erfüllt sein:

$$G_r\,u_2 + y\,G_f\,i_f + L_{2-3} - (G_r + y\,G_f)\,u_3' = 0 \quad . \; . \quad (5)$$

$$(G_r + y\,G_f)\,v_3' = V_3 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6).$$

Beachtet man ferner, daß bei festliegendem p_3 die Zustandsgrößen v_3' und u_3' in einer aus den Wärmetafeln zu entnehmenden Abhängigkeit stehen, die durch

$$f(u_3', v_3') = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

bezeichnet sein möge, so ist durch die drei Gleichungen (5), (6), (7) u_3', v_3' und y bestimmt. Durch Zusammenfassung von Gl. (5) und (6) ergibt sich

$$u_3' = i_f - \frac{G_r\,(i_f - u_2) - L_{2-3}}{V_3}\,v_3' \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (8).$$

Hieraus und aus Gl. (7) ist u_3' und v_3' durch Probieren zu bestimmen. Ferner ergibt sich

$$y = \frac{\dfrac{V_3}{v_3'} - G_r}{G_f} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (9),$$

und $\dfrac{1-y}{100}$ gibt in vH des wirklichen Dampfverbrauchs die Dampfersparnis bei fehlender Eintrittsabkühlung.

Beispiel: Es war für den oben durchgerechneten Fall der Tenderlokomotive, Gattung T_{16}: $G_r = 0{,}0432$ kg, $V_3 = 0{,}11$ m³, $L_{2-3} = -24{,}6$ kcal, $i_f = 743$ kcal/kg, $u_2 = 640$ kcal/kg. $G_f = 0{,}532$ kg, $p_3 = 11{,}3$ at abs. Also ist nach Gl. (8)

$$u_3' = 743 - \frac{0{,}0432 \cdot (743 - 640) + 24{,}6}{0{,}11}\,v_3'$$
$$= 743 - 264\,v_3'.$$

Diese Gleichung wird durch das Wertepaar $v_3' = 0{,}247$ m³/kg, $u_3' = 677{,}5$ kcal/kg befriedigt, das gleichzeitig dem durch die Dampftabellen gegebenen Zusammenhang von u und v für $p_3 = 11{,}3$ at abs genügt. Dabei ist $t_3' = 330\,°$ und $i_3' = 742$ kcal/kg. Der Wärmeinhalt bei Füllungsende im gedachten Prozeß ist somit annähernd ebenso hoch wie der des Frischdampfes. Dies ist in diesem Falle darin begründet, daß die Einströmlinie des Diagramms, Abb. 2, annähernd wagerecht bei 11,3 at abs verläuft, d. h. daß während der Einströmzeit der Dampf lediglich von 13,2 auf 11,3 at abs gedrosselt wird und so gut wie keine Ausdehnungsarbeit vom Dampf leistet. Es ergibt sich sodann nach Gl. (9):

$$y = \frac{\dfrac{0{,}11}{0{,}247} - 0{,}0432}{0{,}532} = 0{,}76,$$

sodaß der Verlust 24 vH beträgt.

Die Berechnungsart weist einige Mängel auf, deren Einfluß kurz betrachtet werden soll.

1. Die im gedachten Prozeß einzuführende Frischdampfmenge ist immer kleiner als die wirkliche. Man hat also durch Verkleinerung der Schieberöffnung die Drosselung zu vermehren, um die gleiche Einströmlinie zu erhalten. Der wirkliche Verlust durch die Eintrittsabkühlung ist also größer als er in der angewandten Berechnungsart erscheint, da bei Vermeidung der Eintrittskühlung auch der Drosselverlust zurückgehen würde.

2. Die Berechnungsart berücksichtigt lediglich den Wärmeaustausch während der Eintrittzeit. In der Ausströmzeit verursacht die Rückgabe von Wärme von der Wand an den Dampf, die ja, wenn kein Wärmeaustausch stattfände, auch fortfallen müßte, vermehrten Gegendruck. In der Verdichtungszeit zeigt sich gewöhnlich ein geringes Überwiegen der Wärmeabgabe von Dampf an die Wand. Die Vernachlässigung dieser beiden Perioden läßt also den Verlust zu klein erscheinen.

3. Bei der Dehnung wird Wärme an den Dampf zurückgegeben. Die Dehnungslinie des wirklichen Prozesses verläuft also über der Adiabate. Es findet somit ein Wärmerückgewinn statt, der nicht berücksichtigt wird, sodaß das Berechnungsverfahren zu große Werte für den Verlust ergibt. Bezüglich der Dehnungslinie ist noch folgendes zu beachten: Das Verfahren setzt voraus, daß von dem gedachten Zustand p_3, v_3', t_3' die adiabatische Dehnungslinie den gleichen Verlauf hat wie vom Zustand p_3, v_3, t_3 aus. Für vollkommene Gase wäre dies ohne weiteres der Fall, und der Fehler ist praktisch null, wenn die Dehnungslinie beider Prozesse im Heißdampfgebiet verläuft. Wo dagegen die Dehnungslinie des wirklichen Prozesses in das gesättigte Gebiet eintaucht, verläuft sie von diesem Punkte an im *pv*-Diagramm flacher. Dies könnte von erheblichem Einfluß sein, wenn die Dehnungslinie bis zum Gegendruck herunterginge. Bei den kurzen Dehnungszeiten und den hohen Drücken bei Vorausströmung im Lokomotivbetrieb kommt dieser Wärmerückgewinn aus der eigenen latenten Wärme nicht erheblich zur Geltung, und der Fehler liegt in den Grenzen der übrigen Abweichungen. Immerhin erscheint der Wärmeaustauschverlust auch aus diesem Grunde in der Berechnung in einigen Fällen zu groß. Die unter 3. genannten Abweichungen wurden an einigen Diagrammen versuchsweise mitberücksichtigt. Dabei zeigte sich, daß sie das Ergebnis nicht erheblich beeinflussen. Auch sind sie durch die unter 1. und 2. genannten Abweichungen teilweise ausgeglichen.

Bezüglich der Genauigkeit der aus dem Diagramm entnommenen Größen ist zu sagen, daß der Verdichtungsenddruck p_2, der nicht mit viel Sicherheit festgestellt werden kann, sehr geringen rechnungsmäßigen Einfluß hat. Die wichtigen Größen, nämlich die mechanischen Arbeiten und der Druck bei Füllungsende sind bei einigermaßen guten Diagrammen mit völlig ausreichender Sicherheit zu bestimmen.

Aus der Betrachtung der Volumenverminderung durch die Eintrittabkühlung ist die hohe Empfindlichkeit des Heißdampfes im Verhältnis zum Naßdampf nochmals einfach zu beweisen. Es werde verglichen Sattdampf

Abb. 5. Wärmeaustauschverlust in Abhängigkeit von der Umlaufzahl für 30 und 50 vH Füllung bei einer 1 E-Zweizylinderlokomotive

Abb. 6. Abhängigkeit der Verluste von den Umlaufzahlen

ron 10 at abs mit dem spezifischen Volumen 0,199 m³/kg und dem Wärmeinhalt 663 kcal/kg mit Heißdampf von 0 at abs 267° mit dem spezifischen Volumen 0,2473 m³/kg und dem Wärmeinhalt 711 kcal/kg. Werden beiden Dampfarten 48 kcal entzogen, so hat der Sattdampf gerade 90 vH Dampfgehalt, und seine Volumenverminderung beträgt somit 10 vH. Der ursprüngliche Heißdampf wird durch die Wärmeentziehung gerade trocken gesättigt und erhält daher das spezifische Volumen 0,199 m³/kg. Seine Volumenverminderung beträgt somit 19,4 vH.

Gerade die Zylinderkondensation als das Grundübel der Wärmeverluste zu betrachten ist somit nur insofern richtig, als der Naßdampf erheblich größere Wärmemengen an die Wandung abgibt. Irreführend dagegen ist die häufig vertretene Anschauung, daß der Heißdampf keine Wärmeverluste erleidet, weil er „sich nicht niederschlägt und seine Arbeitsfähigkeit nicht verliert", und daß die Volumenverminderung des Heißdampfes unerheblich ist. Aus dem gleichen Grunde sollte das Wort „Zylinderkondensation" überhaupt vermieden und etwa durch „Wärmeaustausch mit den Wandungen" ersetzt werden.

In Zahlentafel 1 sind in Spalte VIII die Verlustwerte angegeben, die nach dem erläuterten Verfahren berechnet wurden. Leider sind den ziemlich umfassenden Versuchsreihen der erwähnten Berichte teilweise nur wenig Indikatordiagramme beigefügt. Daher läßt sich für ein und dieselbe Maschine der Einfluß der verschiedenen Betriebszustände auf den Austauschverlust meist nicht feststellen. Einigermaßen vollständig sind die Diagramme für die 1 E-Lokomotive. Für 30 und 50 vH Füllung sind die Verluste in Abhängigkeit von der Umlaufzahl in Abb. 5 aufgetragen. Es zeigt sich deutlich das starke Ansteigen des Verlustes bei kleinen Umlaufzahlen und der günstige Einfluß der größeren Füllung. Zu bedenken ist hierbei, daß diese Lokomotive besonders großen Zylinderdurchmesser hat, und daß 50 vH die Größtfüllung der Maschine darstellen, bei der die Leistung bis auf 1000 PS für eine Zylinderseite steigt. Da somit 50 vH Füllung bei dieser Maschine keine mittlere, sondern eine Grenzleistung darstellen, sind die dafür erhaltenen Verlustwerte beim Versuch der Feststellung einer allgemeinen Abhängigkeit nicht mit herangezogen worden. Ebenso scheiden die Versuche mit der 2 B-Lokomotive wegen der für Heißdampf ungeeigneten Bauart aus.

Unter den 15 verbleibenden Versuchen, die sich alle auf mittlere Leistungen und Füllungen beziehen, ist eine Abhängigkeit des Verlustes von der Höhe der Überhitzung nicht festzustellen. Man muß daraus schließen, daß die Höhe der Überhitzung gegenüber den andern Veränderlichen des Betriebzustandes, Leistung und Drehzahl, mit denen zugleich sie meist ansteigt, an Einfluß zurücktritt, sofern die Überhitzung nur groß genug ist, um den Dampf wenigstens in der Einströmperiode vor der Kondensation zu schützen, wie dies bei allen Versuchen so gut wie vollständig der Fall war. Trägt man dagegen die Verlustwerte über den Umlaufzahlen auf, so ist eine bestimmte Abhängigkeit ohne weiteres zu erkennen. In Abb. 6 ist diese Abhängigkeit durch eine Linie, die die Mittelwerte aus 15 Versuchen berücksichtigt, dargestellt.

Aus dieser Schaulinie ergibt sich, daß bei schnellfahrenden Lokomotiven, zum mindesten bei solchen von so großer Leistung wie die untersuchten amerikanischen, zur Verbesserung des Wärmeaustausches nichts Wesentliches zu tun übrig bleibt. Für die langsam laufenden Güterzuglokomotiven kann man aber nach Abb. 6 noch immer mit 15 bis 20 vH Verlust rechnen, wozu für europäische Verhältnisse ein erheblicher Zuschlag kommen muß, der die kleineren Durchschnittsleistungen berücksichtigt. Hier können also die bekannten Mittel zur Verminderung des Wärmeaustausches, Stufeneinteilung, Trennung von Ein- und Auslaß, Gleichstrom und Deckelheizung, ihr Anwendungsgebiet haben. [B 1682]

Lokomotivrahmen mit angegossenen Zylindern

Die Terminal Railroad of St. Louis hat kürzlich in ihren Werkstätten eine 112 t schwere D-Lokomotive mit vierachsigem Tender für Verschiebedienst gebaut, deren gesamter Rahmen mit seinen Querverstrebungen und der Pufferbohle und vor allen Dingen auch einschließlich der Zylinder und Schieberkästen aus einem einzigen Stahlformgußstück besteht. Dieses Stück wurde von der Commonwealth Steel Company geliefert. Die Ausführung soll bei vierfach vergrößerter Festigkeit des Rahmens 3 t Gewichtersparnis ergeben.

Der vierachsige Tender hat ebenfalls einen Stahlformgußrahmen aus einem Stück, der zugleich den Wasserkastenboden bildet. Der Wasserkasten selbst ist in allen Verbindungen geschweißt und auch mit dem Stahlformgußrahmenboden durch Schweißnähte verbunden, so daß der gesamte Tender keine Nietnaht aufweist.

Vollständig mit allen Querverbindungen aus einem Stück gegossene Barrenrahmen, und zwar für schwere 2 D 1-Lokomotiven, hat die Commonwealth Steel Company im Frühjahr dieses Jahres bereits an die Southern Pacific-Bahn geliefert. („Railway Age" Bd. 81 (1926) S. 849.)
[N 2595] M.

Berichtigung

Physiologie als eine Grundlage der Lichttechnik

In Z. Bd. 70 (1926) Nr. 50 S. 1682 l. Sp. Z. 16 v. u. muß es heißen: die Anerkennung der schlichten Wahrheit von dem zunächst rein physikalischen und nicht physiologischen Charakter der Grundgrößen . . . , ferner S. 1683 l. Sp. letzte Zeile „Licht und Lampe 1924 S. 526 sowie r. Sp. Abb. 4: Verkehrsleuchtung statt Verkehrsbeleuchtung. [N 2702]

Über die heutige Luftschiffahrt

Von Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. h. c. August v. Parseval

Handelsluftschiffe sind auf Wasserstoff als Tragkraft angewiesen. — Für Friedenszwecke ist ein Prallschiff geeigneter als ein Gerippeschiff, da es billiger ist, eine größere Tragfähigkeit hat und man bei ihm nicht mit der Bruchgefahr zu rechnen hat. — Die Prallschiffe sind durch Einführung eines Stahlnetzes wesentlich verbessert

Im Weltkrieg hatte sich gezeigt, daß sich Luftschiffe mit Wasserstoffüllung für militärische Zwecke nicht eignen, da sie durch kleine Brandgeschosse leicht zerstört werden können. Nun hat man zwar im Helium ein brauchbares, nicht brennbares Luftschiffgas entdeckt, das jedoch bis jetzt nur in Amerika in einigermaßen beträchtlicher Menge aufgefunden ist. Es ist nicht wie der Wasserstoff an andre Elemente gebunden, da es keine chemischen Verbindungen eingeht, sondern kommt nur vermischt mit Naturgasen und einigen seltenen Erden vor. Für den Gebrauch von Handelsschiffen ist es zur Zeit noch zu teuer, und die vorhandenen Mengen würden für einen regen Luftschiffbetrieb auch nicht ausreichen. Somit bleibt für wirtschaftliche Zwecke nur der Wasserstoff übrig.

In letzter Zeit sind nun zwei wichtige Ereignisse eingetreten: Das eine ist die Befreiung der deutschen Luftschiffahrt von den ihr durch die Entente auferlegten Fesseln, so daß der Bau von Luftschiffen unbeschränkt freigegeben ist; das andre ist die Polarfahrt Amundsens mit dem Luftschiff „Norge". Dieses nur 19 000 m³ große Schiff war nach der in Italien ausgebildeten halbstarren Bauart hergestellt und legte eine Strecke von rd. 4500 km in der Luftlinie ohne Zwischenlandung zurück.

Wenn nun auch die Verwegenheit Amundsens und das Glück viel zu diesem erstaunlichen Erfolg beigetragen haben mögen, so ist doch nicht zu bestreiten, daß ein Starrschiff von gleicher Größe diese Leistung nicht hätte vollbringen können.

Es ist somit der praktische Beweis geliefert, daß das halbstarre System den Gerippeschiffen an Leistungsfähigkeit überlegen ist. Das eröffnet aber namentlich für die Parseval-Schiffe nach dem reinen Prallsystem günstige Aussichten. Diese sind wieder ihrerseits leichter und widerstandfähiger als die halbstarren Schiffe.

Die Parseval-Schiffe unterscheiden sich von der italienischen halbstarren Bauart dadurch, daß diese an der Unterseite des Ballons einen Längsträger hat, der mit ihm ein Ganzes bildet. Dieser Träger nimmt die auftretenden Biegebeanspruchungen auf, und da die Biegsamkeit des Ballonkörpers wesentlich größer ist als diejenige des Trägers, so muß er die Kräfte ganz allein aufnehmen und recht kräftig gebaut sein.

Das reine Prallschiff hat keinen solchen Träger, vielmehr statt dessen nur einen ganz leichten, zur Aufnahme größerer Kräfte nicht eingerichteten Laufsteg.

Der Ballon selbst muß bei beiden Bauarten ungefähr gleich gebaut sein, und sein Gewicht ist in beiden Fällen dasselbe. Somit ist das reine Prallschiff fast um den ganzen Betrag des für den Längsträger aufgewendeten Gewichtes leichter.

In letzter Zeit ist die Prallschiffbauart durch Einführung der Stahlnetze und geeigneter Schotten — ein Punkt, der bisher noch unvollkommen war — verbessert worden. Das neuzeitliche Prallschiff sieht jetzt einem Zeppelinschiff ähnlich und hat etwa halb so viel Gaszellen wie dies, wobei das innere Gerippe durch ein Stahlnetz ersetzt ist.

Das aus bestem Gußstahldraht angefertigte Netz hat eine große Sicherheit. Es ermöglicht eine unbeschränkte Vergrößerung der Schiffe und verleiht ihnen bei Bodenberührungen eine weit größere Widerstandfähigkeit, als sie Gerippeschiffe der starren oder halbstarren Bauart erreichen.

Es ist z. B. ganz unmöglich, daß ein Prallschiff in der Luft platzen und dabei in drei Teile zerbrechen könnte, wie es bei der „Shenandoah" in Amerika der Fall war. Bei Starrluftschiffen ist auch ein Bruch bei der Landung, wie die Erfahrung gelehrt hat, nicht ganz auszuschalten. Je größer die Schiffe, um so empfindlicher sind sie. Und da die Entwicklung auf Vergrößerung der Schiffe drängt, weil die Tragfähigkeit kleiner Schiffe zu unbedeutend ist, und die Tonnenkilometerkosten bei einem großen Schiff kleiner sind, so ist die Bruchgefahr ein finanzielles Hindernis.

Diese Gefahr fällt bei Prallschiffen fort. Bei über tausend Prallschifflandungen ist kein Fall einer Zerstörung eingetreten. Daß schließlich die Anfertigung eines Stahlnetzes billiger ist als der Aufbau eines Gerippes, bedarf keines Beweises.

Für den Friedensgebrauch dürfte daher das Prallschiff vorzuziehen sein, da es in der Anschaffung billiger ist, eine größere Nutzlast trägt und nicht mit der Bruchgefahr zu rechnen hat.

Der größte Nachteil der Wasserstoff-Füllung ist die Brandgefahr. Grundsatz muß sein, daß sich im Ballon kein brennbares Gemisch aus Gas und Luft bilden und kein Gas an der Unterseite des Ballons austreten darf, wo sich die Motoren befinden. Die Ventile müssen daher in Schläuche abblasen, die das Gas an die Oberseite des Ballons führen, wo es durch eine Blechtülle ins Freie entweicht.

Da diese Schläuche durch den mit gespannter Luft gefüllten Raum in die Höhe führen, und mit der Außenluft in Verbindung stehen, so sind sie, so lange kein Wasserstoff austritt, luftleer und plattgedrückt. Beim Austreten des Wasserstoffs ist daher keine Luft in den Schläuchen, und es kann sich kein brennbares Gemisch bilden. Der austretende Gasstrahl hat etwa die Form des Dampfstrahls einer Lokomotive und verliert durch Vermischung mit viel Luft in unmittelbarer Nähe des Austritts seine Brennbarkeit.

Damit sich aber nicht durch zufällige Undichtigkeiten, die nicht ganz zu vermeiden sind, Knallgas in dem Raum zwischen Zellen und Außenhaut bildet, muß dieser Raum dauernd, auch in der Halle, genügend entlüftet werden.

Besonders wichtig ist, daß der Laufgang nur demjenigen ganz zuverlässigen Personal zugänglich ist, das darin zu tun hat. Fahrgäste, Bedienstete, Mechaniker haben da nichts zu suchen. Durch größte Strenge muß die Einhaltung der Vorschriften gegen Brandgefahr gesichert werden. Mit diesen einfachen Mitteln kann man die Feuersicherheit der Wasserstoff-Luftschiffe gewährleisten. Nur eines läßt sich nicht beseitigen — die Blitzgefahr. Doch ist hier das Wasserstoff-Luftschiff nicht schlechter dran als das Helium-Schiff. Schwache Blitze bilden keine Gefahr. Wiederholt sind im Krieg Luftschiffe vom Blitz getroffen worden, ohne ernstlich beschädigt zu werden. Die einzige Wirkung war ein stecknadelknopf-großes Loch in den Zellen. Die Elektrizität verteilte sich in dem großen Gerippe derart, daß mechanische Zerstörungen nicht eintraten. Ein schwacher Blitz ist also unschädlich; ein starker Blitz aber wird ein Helium-Schiff so gut zerstören wie ein Wasserstoff-Schiff.

Dem Gewitter muß ein Luftschiff aus dem Wege gehen, und es ist hierzu durch seine beherrschende Geschwindigkeit jederzeit befähigt. Nur in seltenen Ausnahmefällen wird eine Gewitterfront so groß sein, daß ein Ausweichen unmöglich ist. Dann muß unter Umständen auf die Erreichung des Zieles verzichtet und ein geeigneter Landungsplatz aufgesucht werden.

Um die Leistung der Schiffe festzustellen, entwickeln wir eine Formel für den Zusammenhang zwischen Schiffgröße, Fahrstrecke und zahlender Last und machen dabei folgende Annahmen:

Die Fahrgeschwindigkeit ist gegeben. Sie muß dem Schiff eine genügende Unabhängigkeit von den wechseln-

en Windverhältnissen verleihen. Das ist nach den vor-iegenden Erfahrungen der Fall, wenn die Marschge-chwindigkeit des Schiffes bei zwei Drittel der Motor-eistung 113 km/h beträgt. Die Höchstgeschwindigkeit eträgt dann etwa 120 km/h. Das waren die Werte des etzten Zeppelinschiffes LZ 126 bei seiner Fahrt nach merika.

Die Zuladung (der Überschuß der Tragkraft über as Leergewicht) wird zu gleichen Teilen für die Be-riebstoffe und für die zahlende Last verwendet. Dann t, wie Bleystein gezeigt hat, die Beförderungsleistung Tonnenkilometern ein Höchstwert.

Es zeigt sich hierbei, daß die Beförderungsleistung mit em Quadrat der Zuladung wächst, weil Beförderungsweg nd zahlende Last gleichzeitig zunehmen. Zu dem Ge-icht der Betriebstoffe und der zahlenden Last gehören uch die Tanks, die Gondeln, die Lebensmittelvorräte nd die Bedienung, kurz alle für Packgefäße und Behag-chkeit der Reisenden nötigen Einrichtungen.

Schon verhältnismäßig kleine Gewichtunterschiede aben einen merklichen Einfluß auf die Beförderungs-eistung. Beispielsweise ist bei einem Schiff von 00 000 m³ Rauminhalt die Beförderungsleistung mit Was-erstoff um rd. 50 vH größer als mit Heliumfüllung.

Im folgenden bedeutet:

- V den Balloninhalt,
- A den Bruttoauftrieb $= Va$
- G_B das Gewicht des Ballons einschl. Landeballast und Landevorrichtungen,
- G_M das Gewicht der Motorenanlage nebst Gondeln,
- G_0 das Gewicht der Besatzung,
- G_T das Gewicht der Betriebstoffe und Tanks, das dem Gewicht der zahlenden Last gleich sein soll.

Dann besteht die Gleichung

$$A = G_B + G_M + G_0 + 2\,G_T.$$

Das Gewicht des Ballons ist annähernd dem Ballon-ihalt verhältnisgleich, also ist

$$G_B = V k_1.$$

Das Gewicht der Motorenanlage ist der Ballonober-äche verhältnisgleich:

$$G_M = V^{2/3} k_2.$$

Das Gewicht der Besatzung beträgt etwa 100 kg für inen Mann. Es ist in Zahlentafel 1 angegeben, s. auch bb. 1.

Das Gewicht der Treibstoffe ist verhältnisgleich der otorenstärke N mal der Fahrstrecke s. Die Motor-ärke ist bei gegebener Geschwindigkeit verhältnis-leich der Oberfläche, man hat also:

$$G_T = s\,V^{2/3} k_3;$$

k_1, k_2 und k_3 sind Festwerte.

Bei Bestimmung der Festwerte rechnen wir mit onnen und Kilometern und beim Balloninhalt mit einer inheit von 1000 m³ = dekam³. Ein Ballon von 70 000 m³ at dann $V = 70$ dekam³ Rauminhalt, und sein Auftrieb t $A = 70\,a$, wo a für eine Fahrthöhe von 500 m etwa en Wert von 1,05 t hat.

Für den Ballon mit Zubehör rechnen wir ein Ge-icht von

$$0{,}31\ V, \text{ also } k_1 = 0{,}31.$$

Das Gewicht der Motorenanlage mit Gondeln schätzen ir zu 4 kg/PS. Nun hatte der LZ 126 bei $V = 70$ dekam³ = 2000 PS Leistung, was einem Gewicht von 8 t ent-richt.

Hieraus folgt:

$$G_M = V^{2/3} \cdot 0{,}471,$$

mit

$$k_2 = 0{,}471.$$

Die erforderliche Leistung ist:

$$N = V^{2/3} \cdot 117{,}7.$$

Die Motoren brauchen an Benzin und Öl 0,24 kg/PSh; somit ist der Stundenverbrauch bei zwei Drittel der Höchstleistung:

$$G_T/\mathrm{h} = {}^2/_3\,N \cdot 0{,}24 = 0{,}18\,N \text{ kg/PSh}.$$

Dieser Verbrauch dauert während der Zeit $\tau = \frac{s}{v}$ wo v die Geschwindigkeit über Grund bedeutet.

Für v dürfen wir nicht die Marschgeschwindigkeit 113 km/h setzen, sondern müssen diesen Wert um den Betrag des durchschnittlich zu erwartenden Gegenwindes vermindern. Wir wählen (lieber etwas zu hoch) den Betrag von 30 km/h, setzen also

$$v = 113 - 30 = 83 \text{ km/h}.$$

Schließlich müssen wir das Ergebnis wegen der Tanks und Leitungen mit 1,07 vervielfachen und finden somit

$$G_T = 0{,}18\,V^{2/3}\,117{,}7\,\frac{s}{83} \cdot 1{,}07 \text{ kg},$$

$$G_T = s\,V^{2/3}\,0{,}271 \cdot 10^{-3} \text{ t};$$

somit wird

$$k_3 = 0{,}274 \cdot 10^{-3},$$

und unsere Gleichung nimmt die Form an:

$$A = V\,1{,}05 = V\,0{,}31 + V^{2/3}\,0{,}471 + G_0 + s\,V^{2/3}\,0{,}548 \cdot 10^{-3},$$

oder wenn man nach s auflöst:

$$s = \frac{0{,}74\,V^{1/3} - 0{,}471 - \frac{G_0}{V^{2/3}}}{0{,}548}\,10^3.$$

Zahlentafel 1 und Abb. 1 geben eine Übersicht über die Abhängigkeit der Fahrstrecke, der Nutzlast und der erforderlichen Motorleistung vom Balloninhalt. Die Schiffe haben höchstens drei Motorgondeln. Es ist ein Vorteil der Prallschiff-Bauart, daß man nicht nötig hat, Rücksicht auf ein empfindliches Innengerippe zu nehmen und daher die Motorenleistung in größere Einheiten vereinigen kann, wodurch an Gewicht, Luftwiderstand und Personal gespart wird. Die Gondeln haben je zwei Motoren, die gemeinschaftlich einen großen Propeller antreiben.

Die tägliche Fahrtleistung beträgt 2000 km. Es mag auffallen, daß die Fahrstrecken so niedrig sind. Das rührt von dem großen Sicherheitsfaktor her, den wir bei Schätzung des möglichen Gegenwindes eingesetzt haben.

Die Fahrstrecke wächst nur recht langsam mit dem Balloninhalt; durch eine Versiebenfachung des Inhalts wird die Fahrstrecke nur auf das 2,5fache erhöht. Der LZ 126 hatte etwa das 20 000 fache seiner Eigenlänge als Fahrstrecke in unserm Sinn. In roher Annäherung ist bei ähnlichen Schiffen von gleicher Geschwindigkeit die Fahrstrecke der Schiffslänge verhältnisgleich.

Mit der Größe der Fahrstrecke wächst also sehr stark der Balloninhalt, und da die gesamten Anlagekosten für Schiffe, Hallen, Plätze mit dem Balloninhalt steigen, so ergibt sich, daß die Anlagekosten von der Wahl der größten Fahrstrecke entscheidend beeinflußt werden.

Die Zahl der Fahrgäste hängt von dem Maß der Behaglichkeit ab, das gegeben werden muß. Man wird für einen Gast bei längerer Fahrt kaum weniger als 300 kg Gewicht rechnen dürfen. Zu den Fahrgästen kommen noch Post und Fracht. Rechnen wir beispielsweise für ein

Zahlentafel 1. Abhängigkeit der Fahrstrecke, der Nutzlast und der Motorleistung vom Balloninhalt

Inhalt 1000 m³	Zahl der Motor-gondeln	Gewicht der Bemannung t	s = Fahrstrecke km	L = Zahlende Last t	T = Beförderungsleistung tkm	N = Motorenleistung PS
20	1	1,4	2430	4,56	11 200	800
40	2	1,7	3500	11,2	39 300	1380
60	2	1,9	4220	17,2	74 700	1800
80	2	1,9	4770	24.2	115 500	2190
100	3	2,7	5180	30,4	158 500	2540
120	3	2,7	5600	37,3	209 000	2860
140	3	2,7	5980	43,2	258 000	3170

100 t-Schiff 5 t Post und Fracht, so könnten etwa 80 Fahrgäste befördert werden. Bei Vergnügungsfahrten unter einem Tag könnten die Einrichtungen einfacher sein und die Zahl der Fahrgäste bis auf das Doppelte steigen.

Die in der Zahlentafel 1 und Abb. 1 angegebene Beförderungsleistung ist ein Maß für die Bruttoeinnahmen, und man hat: Einnahmen für den Flugtag $= \frac{\text{Bruttoeinnahme}}{\text{Fahrtdauer}}$. Das ist aber die zahlende Last, und es ergibt sich als Rentabilitätszahl, auf die Raumeinheit bezogen, das Verhältnis $\frac{\text{zahlende Last}}{\text{Ballongröße}}$. Diese Ziffer steigt mit der Ballongröße, und zwar im vorliegenden Fall von 0,228 und 0,309 und dies bezieht sich auf alle Ausgaben, die mit der Fahrtdauer wachsen, also Betriebstoffverbrauch, Besatzungskosten, Abnutzung, Tilgung. Hinzu treten noch die Landungskosten und die allgemeinen Unkosten.

Die Landungsunkosten sind der Ballongröße verhältnisgleich zu rechnen. Da Landungen bei großen Schiffen seltener sind, so wären große Schiffe hier im Vorteil, wenn nicht das stark vergrößerte Landungsrisiko hierbei hinzukäme. Die allgemeinen Unkosten sind für große Schiffe günstiger. Im Ganzen sind also große Schiffe merklich wirtschaftlicher als kleine. Immerhin scheint es fraglich, ob es sich empfiehlt, die Schiffsgröße allzusehr zu steigern. Die Handhabung eines großen Schiffes am Boden ist so schwierig, daß man bestrebt sein muß, mit möglichst kleinen Schiffen den vorliegenden Zweck zu erreichen.

Abb. 1
Abhängigkeit der Leistung vom Balloninhalt

s Fahrstrecke, *T* Beförderungsleistung, *L* Zahlende Last, *N* Motorenleistung

Die Luftschiffe sind für den Übersee-Schnellverkehr in solchen Fällen am Platze, wo die Fahrstrecke der Flugzeuge nicht ausreicht. Flugzeuge haben eine Fahrstrecke von etwa 1000 km, und sie erhöht sich bei der Vergrößerung der Flugzeuge im Gegensatz zu den Luftschiffen nur unwesentlich, etwa um 30 bis 40 vH.

Der Betriebstoffverbrauch des Luftschiffs, auf den Kopf des Fahrgastes berechnet, ist ferner kleiner als der des Flugzeuges. Für ein 100 t-Schiff mit 80 Fahrgästen beträgt der Widerstand bei Marschgeschwindigkeit, d. i. zwei Drittel der Höchstleistung, 2730 kg, d. i. 34 kg für einen Fahrgast.

Ein Flugzeug von gleicher Tragkraft und etwa 40 t Gesamtgewicht hat dagegen einen Widerstand von 4 t, d. i. 50 kg für einen Fahrgast. Nun ist der Betriebstoffverbrauch, auf den Kilometer berechnet, dem Fahrwiderstand verhältnisgleich. Das Luftschiff hat also nur etwa zwei Drittel des Betriebstoffverbrauchs von dem des Flugzeuges, auf das Fahrgast-Kilometer umgerechnet.

Auch bieten Luftschiffe einen behaglicheren Aufenthalt, ruhigere Fahrt und größere Sicherheit bei Landungen als Flugzeuge; ferner können sie auch nachts fahren und übertreffen hierdurch bei langen Fahrten die Flugzeuge an Reisegeschwindigkeit.

Trotzdem ist zur Zeit die Lage für die Luftschiffe nicht günstig, weil die ganze Welt auf das Flugzeug eingeschworen ist. Die Entente hat aus geschäftlicher Eifersucht durch ihre Zwangsbestimmungen Deutschland während der letzten acht Jahre von der Mitarbeit ausgeschlossen und auf die Verwertung der im Krieg erlangten deutschen Erfahrungen verzichtet. Die Folge waren Unglücksfälle, wie die der „Dixmuiden" in Nordafrika, des englischen Schiffes über dem Humber und zuletzt der „Shenandoah" in Amerika. Dadurch ist das Luftschiff in schlechten Ruf gekommen, und dieses Vorurteil kann nur langsam überwunden werden. Da aber das Bedürfnis tatsächlich besteht, so ist der schließliche Erfolg außer Zweifel. Die wesentlichste Vorbedingung ist aber die Verbesserung der Schiffe und die Verminderung der Gefahrmöglichkeit. [B 1985]

Säurefeste Legierungen

Auf der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1926 hat die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde eine Fachsitzung: Säurefeste Legierungen, veranstaltet[1]). In der Zeitschrift für Metallkunde (Dezemberheft 1926) sind nunmehr in einem Fachheft[2]), das denselben Titel trägt, die damals gehaltenen Vorträge und der Meinungsaustausch veröffentlicht worden. Die Ausführungen werden im Fachheft ergänzt durch eine Übersicht über amerikanische Erfahrungen mit säure- und alkalifesten Legierungen, die auf Grund einer Umfrage bei 60 amerikanischen Werken festgelegt worden sind.

Prof. W. Guertler erörtert in einem einleitenden Aufsatz die Grundlagen für das Verständnis der Vorgänge bei der Anfressung und Zerstörung von metallischen Stoffen durch den Sauerstoff, Säuren und Alkalien und für die Beschaffung von Legierungen, die dem Zweck dienen, den Widerstand der Werkstoffe zu erhöhen. Dr. E. H. Schulz und Dr. Rohn geben darauf eine Übersicht über die in der Praxis verwendeten Metalle und Legierungen und über den Grad, bis zu dem bei diesen Werkstoffen von einer Säurefestigkeit gesprochen werden kann. Aus der Arbeit von Grotewold seien hier einige Erfahrungen zusammengefaßt, die die oben erwähnte Umfrage in Amerika ergeben hat.

Die Chrom-Eisenlegierungen zeigen nach den amerikanischen Angaben außerordentlich gute Beständigkeit gegen Salpetersäure jeder Konzentration, sind jedoch wenig widerstandfähig gegen Schwefelsäure und Salzsäure. Ein geringer Zusatz von Mangan bei Kohlenstoff- und Siliziumgehalt scheint die Beständigkeit gegen Salzsäure wesentlich zu bessern. Gegen Einflüsse der Luft, Alkalien und Essigsäure besteht allgemein gute Widerstandfähigkeit.

Die Nickel-Eisenlegierungen zeigen ebenfalls sehr gute Beständigkeit gegenüber Salpetersäure, Essigsäure, Alkalien und Einflüsse der Luft, sind jedoch unbeständig gegen Salzsäure und Schwefelsäure jeder Konzentration.

Für Silizium-Eisenlegierungen gilt allgemein eine sehr gute Festigkeit gegen Anfressungen; besonders bemerkenswert erscheint ihre Widerstandfähigkeit gegen Schwefelsäure jeder Konzentration, die sonst nur selten erreichbar ist.

Auch die Chrom-Nickellegierungen fallen durch ihre gute Beständigkeit gegen verdünnte Schwefelsäure und durch besondere Widerstandfähigkeit gegen Zerstörung durch Oxydation sowie durch Beständigkeit gegen abwechselndes Erhitzen und Abkühlen auf. Gute Widerstandfähigkeit besteht auch gegen Einflüsse der Luft und verdünnte Säuren und Alkalien.

Die Mangan-Nickellegierungen erscheinen besonders widerstandfähig gegen Alkalien und Einflüsse der Luft.

Über die Nickel-Kupferlegierungen finden sich genauere Angaben über das Verhalten bei verschiedenen Konzentrationen und Temperaturen, die ebenfalls eine bemerkenswerte Beständigkeit gegen verdünnte kalte und heiße Schwefelsäure erkennen lassen. Die Legierungen sind bei hohen Temperaturen bis 800 °C sehr widerstandfähig.

Die Silizium-Kupferlegierung Everdur wird als beständig gegen Einflüsse der Luft, Essigsäure, Natronlauge, sowie gegen Erhitzen bis 540 °C angegeben.

Die Chrom-Kupfer-Nickellegierung Illium wird als sehr widerstandfähig gegen fast alle aufgeführten Chemikalien mit Ausnahme von Salzsäure bezeichnet.

[N 2709] Gr.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1172.

[2]) Für die Verbreitung des Fachheftes sind vom Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit Mittel bereitgestellt worden; es kann daher von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde zu einem niedrigen Preis 1 ℳ abgegeben werden.

CHRONIK 1926

Wie früher bringen wir in den ersten Heften des neuen Jahrganges kurz gefaßte Übersichten über die Entwicklung und den Stand der einzelnen Zweige des Ingenieurwesens, soweit bemerkenswerte Fortschritte zu verzeichnen sind. Die Fachgebiete sind wieder nach folgenden Hauptgruppen geordnet: Maschinenwesen und Elektrotechnik — Rohstoffe — Technologische Fachgebiete — Bauingenieurwesen — Verkehrswesen — Gesundheitsingenieurwesen — Gemeinsame Arbeitsgebiete.

Dampfkraftanlagen

Allgemeines In den Nachkriegsjahren wurde der zunehmende Energiebedarf vorwiegend durch Wasserkräfte gedeckt, in der letzten Zeit erlangten die Dampfkraftanlagen wieder steigende Bedeutung. Der Grund hierfür ist, daß die wirtschaftlich wertvollsten Wasserkräfte bereits ausgebaut sind, daß es bei dem heutigen Kapitalmangel leichter ist, die billigeren Dampfkraftanlagen zu errichten und daß es keine Schwierigkeit bereitet, den steigenden Kohlenbedarf zu decken. Bei dem Mangel an einheimischen flüssigen Brennstoffen kann sich auch die Ölmaschine gegenüber den Dampfmaschinen nur für bestimmte Sonderzwecke durchsetzen.

Bei Dampfkraftanlagen haben sich nunmehr drei Formen herausgebildet:

1. Großkraftwerke für Fernversorgung, die in der Nähe des Gewinnungsortes schwer versendbarer Brennstoffe (z. B. der Rohbraunkohle) errichtet werden oder die in der Nähe der Großverbraucher mit hochwertigen oder veredelten Brennstoffen arbeiten (z. B. Rummelsburg).
2. Spitzenwerke, die in unmittelbarer Nähe der Verbraucher liegen, den Fernleitungen die unwirtschaftlichen Spitzen abnehmen und gleichzeitig als Aushilfe bei Störungen dienen. Hierbei ist oft die Verwertung eines Teils der Abwärme zur Städteheizung oder die Entnahme von Arbeitsdampf möglich.
3. Industrielle Anlagen größeren oder kleineren Umfangs, die insbesondere dann gegenüber Strombezug aus Großkraftwerken wettbewerbfähig sind, wenn die Arbeitsverfahren ein günstiges Verhältnis zwischen Kraft- und Wärmebedarf bedingen.

Während in älteren Anlagen Feuerungen, Kessel, Maschinen und Rückkühlanlagen in sich geschlossene Teilgebilde darstellten, bedingt die heutige Dampfkraftanlage mit ihrer vielfachen Verknüpfung zwischen Kessel und Maschine (Aufbereitung des Brennstoffs durch Kraft und Wärme, stufenweise Speisewasservorwärmung mittels Anzapfdampfes, Zwischenüberhitzung des Dampfes), daß die Anlage als geschlossenes Ganzes behandelt werden muß, dessen einzelne Teile sorgfältig gegeneinander abzustimmen sind. Das letzte Glied in dieser Entwicklung stellt die selbsttätige Regelung der ganzen Anlage dar[1]), die heute immer mehr beachtet wird. Da der Gesamtwirkungsgrad neuer Anlagen bereits an den hochwertiger Verbrennungskraftmaschinen heranreicht, scheint sich hier eine Lösung der Groß-Verbrennungskraftmaschine heranzubilden, die man noch vor kurzer Zeit auf ganz anderm Wege gesucht hat (Verbrennungsturbine, Kohlenstaubmotor). Die Fortschritte im einzelnen lassen sich zum großen Teil in dieses Gesamtbild einordnen.

Feuerungen Das letzte Jahr brachte eine weitere rasche Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung. Die Eignung verschiedener Brennstoffe, die Vorgänge bei ihrer Aufbereitung und bei der Verbrennung wurden in einer Reihe theoretischer und experimenteller Arbeiten erforscht[2]). Die Heizfläche[3]) der zur Zeit in Bau befindlichen Anlagen ist mindestens ebenso groß wie die sämtlicher bisher in Betrieb befindlichen. Bemerkenswert ist der bessere organische Zusammenbau von Feuerung und Kessel, wobei ein beträchtlicher Teil der Heizfläche in die Feuerung selbst verlegt wird. Auch Rostfeuerungen lassen sich an die größeren Kesseleinheiten anpassen, wenn man besondre Maßnahmen für die selbsttätige Entschlackung trifft[4]).

Kessel Bei den meisten großen Anlagen wurde ein Druck von rd. 35 at gewählt, da bis zu diesem Druck die Kessel im wesentlichen nach den Grundsätzen gebaut werden können, für die bereits langjährige Erfahrungen vorhanden sind. Einige Versuchsanlagen, die mit beträchtlich höherem Druck arbeiten, sind seit längerer Zeit in befriedigendem Betrieb[5]), doch ist der schlüssige Beweis noch nicht erbracht, daß es schon heute wirtschaftlich ist, allgemein zu noch höheren Drücken überzugehen. Als Bauarten haben sich der Steilrohr- und der Teilkammer-Wasserrohrkessel durchgesetzt. Der Nachteil der geringen Speicherfähigkeit ihres kleinen Wasserraums läßt sich durch elastische Feuerungen ausgleichen. Soweit hocherwärmtes Speisewasser den Einbau von Rauchgasvorwärmern ausschließt, wird der Lufterhitzer immer mehr angewandt, besonders in Verbindung mit Kohlenstaubfeuerungen. Wichtig sind die neuen deutschen Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel[6]).

Dampfmaschinen Die Kolbenmaschine kommt nur mehr für Anlagen unter 1000 PS in Frage und muß auch hier in manchen Fällen das Feld der Turbine überlassen. Den hohen Drücken und Temperaturen sucht man sich durch Übergang zu andern Steuerungen anzupassen[7]). Bei den Dampfturbinen[8]) hat man auch in Deutschland die Leistung der Einzelmaschine bis zu 70 000 kW gesteigert, im übrigen geht zwischen den einzelnen Arten der Kampf um den günstigsten Wirkungsgrad weiter.

Den besondern Erfordernissen des Hochdruckdampfes[9]) sucht man durch vielstufige Unterteilung des Gefälls, hohe Drehzahlen, teilweise unter Verwendung von Getrieben, Aufteilung der Turbine in mehrere Gehäuse und besondere Ausbildung der Beschaufelung gerecht zu werden. Durch die Mehrzahl dieser Maßnahmen wird die Turbine teurer, weshalb gerade für die neueren Bauarten ein hoher Ausnutzungsfaktor wesentlich ist. Um einfache und betriebsichere Maschinen zu erhalten, vermeidet man es, die großen Maschinen anzuzapfen, bildet vielmehr die Hausturbinen als Gegendruckturbinen aus, mit deren Abdampf das Speisewasser vorgewärmt wird[9]); falls größere Dampfmengen gebraucht werden, stellt man auch getrennte Gegendruck- und Kondensationsmaschinen auf.

Der Abschluß des Jahres bringt die Inbetriebnahme einer Reihe von großen Kraftwerken (Rummelsburg[10]), Böhlen), die nach diesen neuen Gesichtspunkten gebaut wurden. Damit setzt ein scharf ausgeprägter neuer Abschnitt in der Entwicklung der Dampfkraftanlagen ein.

[C 2641] Pauer.

Verbrennungsmotoren

Großgasmotoren Nachdem die langjährigen und umfangreichen Erfahrungen der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik auf dem Gebiete der Kraftmaschinen ergeben haben, daß dem Großgasmotor im Wettstreit mit der Kolbendampfmaschine und der Dampfturbine für angestrengtesten Dauerbetrieb eine größere Betriebsicherheit innewohnt, als man gemeinhin annimmt, wurde beschlossen, die Erweiterungsanlagen der Leuna-Werke bei Merseburg mit Großgasmotoren größter Abmessungen auszustatten.

Großölmotoren Als bemerkenswertes Ereignis auf dem Gebiete der Großölmotoren ist die Inbetriebsetzung des 15 000 PS-Dieselmotors im Elektrizitätswerk Neuhof der Hamburger Elektrizitätswerke zu verzeichnen. Die Zeitschrift enthält im abgelaufenen Jahrgang eine ausführliche Beschreibung der Motorenanlage und der Abnahmeprüfung[11]).

Schnellaufende Kleinölmotoren Das Jahr 1926 ist durch die praktischen Erstlingserfolge des Fahrzeug-Dieselmotors[12]) ausgezeichnet, die ihm eine beherrschende Stellung für die weitere Zukunft voraussagen lassen. Alle bisher entwickelten Bauarten bedienen sich der kompressorlosen Einspritzung des Brennstoffs, wobei die Strahlzerstäubung und das Vorkammerverfahren Verwendung finden. Neben dem einfachwirkenden Viertaktmotor, der zuerst in das Fahrzeug eingebaut wurde und auf dessen praktische Ergebnisse sich die gegenwärtige Beurteilung des Fahrzeug-Dieselmotors allein stützt, ist der Gegenkolben-Zweitaktmotor mit eingehenden Prüfstandbeobachtungen aufgetreten, die eine aussichtsreiche Verwendung auch dieses Motors versprechen. Zweifellos wird eine nahe Zukunft auf Grund von praktischen Erfahrungen mit beiden Motorenbauarten zu der Streitfrage eine entscheidende Stellung nehmen müssen, ob die besonderen Vorteile, die einerseits dem Viertakt-, anderseits dem Zweitaktmotor zu-

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 718.
[2]) Z. S. 873, 1305; Archiv f. W. Bd. 7 (1926) S. 3, 81, 121, 159, 169, 242, s. a. S. 1 dieses Heftes.
[3]) Archiv f. W. S. 239.
[4]) Archiv f. W. S. 218.
[5]) Z. S. 677.

[6]) Z. S. 1675. [7]) Z. S. 672. [8]) Z. S. 711.
[9]) Z. S. 1004; Archiv f. W. S. 139. [10]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1285
[11]) Z. Bd. 70 (1926) S. 818 u. 1409. [12]) Z. S. 1433.

geschrieben werden müssen, der Entwicklung des Kraftfahrzeug-Dieselmotors Veranlassung geben, nur den Viertakt- oder nur den Zweitaktmotor beizubehalten oder ob beide Bauarten nebeneinander im steten Wettkampf fortzuführen sind.

Die bisherigen Erfahrungen mit dem schnellaufenden Fahrzeug-Dieselmotor haben bereits wertvolle Erkenntnisse über die Verbesserung der Brennstoffpumpen und Brennstoffdüsen, über die Regelung und über mannigfaltige Einzelfragen der Gestaltung und des Werkstoffs zutage gefördert, wovon eine nachhaltige Befruchtung des Baues der ortfesten Motoren erwartet werden darf. Von besonderem Interesse sind die Erfolge in der Richtung des Leichtbaues, die sicherlich dem Dieselmotor in nicht ferner Zukunft die letzten Anwendungsgebiete erschließen, die bisher noch dem Vergasermotor vorbehalten blieben.

Über den Kohlenstaubmotor sind noch keine authentischen Nachrichten in die Öffentlichkeit gedrungen.

Wissenschaftliche Forschung In Deutschland und im Ausland, soweit es für den Dieselmotorenbau in führender Rolle in Betracht gezogen werden muß, sind Forschungsarbeiten in den einschlägigen Fabriken und in den Instituten der Hochschulen ausgeführt worden. Eine Auswahl der brennendsten Fragen, die sich auf die dynamische Betrachtung des luftlosen Einspritzverfahrens und auf die physikalisch-chemische Analyse des Entzündungs- und Verbrennungsvorganges erstreckten, wurde auf der Dieseltagung erörtert, die im Anschluß an die Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Hamburg abgehalten wurde[1]).

Kohlenverflüssigung Die Sorge um die Erschöpfung der Erdölfelder, von der jetzt in vielen Ländern auf internationalen Kongressen usw. geredet wird, stellte den Dieselmotor zunächst vor die Aufgabe, ganz schwere Rohöle und schwerere Destillate als das normale Gasöl anstandslos verarbeiten zu lernen. An dieser Aufgabe wird gegenwärtig mit Aussicht auf Erfolg gearbeitet. Die Zukunft des Dieselmotors wird durch die Entwicklung des Brennstoffmarktes maßgebend beeinflußt werden und daher auch zu den Auswirkungen der Kohlen-Verflüssigungsverfahren in engste Beziehung treten müssen.

[C 2662] Nägel.

Wasserkraft-Maschinen und -Anlagen

Wirkungsgrade Die durchweg sehr hohen Wirkungsgrade, die bei den Wasserturbinen heute gewährleistet werden, haben bei einer Reihe von Abnahmeversuchen, die im vergangenen Jahr an Großkraftanlagen durchgeführt wurden, eine gute Bestätigung gefunden. So wurden bei den 24 000 PS-Doppelspiralturbinen des Walchenseewerkes[2]) im Höchstwert 91 vH erreicht. An den Spiralturbinen mit stehender Welle der spanischen Anlage Camarasa ($H = 78$ m, 26 000 PS, $n_s = 230$) wurden 92,5 vH gemessen. Selbst bei Aufstellung mit liegender Welle ließ sich an den Doppelspiralturbinen des Radaunewerkes Groß-Bölkau bei Danzig ($H = 42$ m, 3175 PS, 500 Uml./min) ein Höchstwert von 92 vH nachweisen. In der Anlage Aufkirchen der „Mittleren Isar“ ergab sich der beste Wirkungsgrad der Spiralturbinen mit stehender Welle ($H = 26$ m, 12 700 PS, 167 Uml./min) zu 92,6 vH.

Auch bei Abnahmeversuchen von Kaplan-Turbinen wurden bei guter Übereinstimmung mit den Modellversuchen sehr hohe Wirkungsgrade gefunden, so in der Anlage Gratwein bei stehender Anordnung ($H = 8{,}5$ m, 3540 PS, $n_s = 775$) 92 vH höchster Wirkungsgrad. Die Abnahmeversuche an der schwedischen Anlage Lilla Edet brachten 92 vH höchsten Wirkungsgrad und wie bei allen Kaplan-Turbinen mit drehbaren Laufradschaufeln einen sehr flachen Verlauf der Wirkungsgradkurve.

Flügelradturbinen Auf Grund der bisherigen günstigen Ergebnisse nimmt das Zutrauen zu den Propeller- und Kaplan-Turbinen immer mehr zu, so daß sie in steigendem Maße verwendet werden. Für die Anlage Kachlet der Donaustufe bei Passau haben J. M. Voith nun fünf und Escher, Wyß & Cie. drei Propellerturbinen in Auftrag. Mit der spezifischen Drehzahl wird vielfach recht hoch gegangen, so baut Voith eine Kaplan-Turbine mit $n_s = 1070$ für 2,35 m Gefälle, 315 PS und unmittelbar gekuppeltem Stromerzeuger.

Während bei kleinen Turbinen noch die Regulierbewegung auf die Laufradschaufeln durch eine Gleitmuffe übertragen wird, die durch einen Keil mit der im Innern der Turbinenwelle gelagerten Regulierstange verbunden ist, benutzt man bei großen Kaplan-Turbinen heute für die Bewegung der Laufradschaufeln ausschließlich einen mit der Welle umlaufenden Öldruck-Servomotor. Er sitzt entweder auf dem oberen Ende der Welle oder ist in die Welle zwischen die Kuppelflanschen von Turbinen- und Dynamowelle eingebaut.

Bei der weiteren Entwicklung der Flügelradturbinen handelt es sich zur Zeit in der Hauptsache darum, Räder zu konstruieren, die bei hohem Gefälle mit guten Wirkungsgraden und ohne Hohlraumbildung arbeiten. Eine schwedische Anlage läuft mit $H = 12{,}5$ m[3]), und Voith liefert zur Zeit für die schlesische Talsperre Boberallersdorf zwei Kaplan-Turbinen für 15 m Gefälle, 2000 und 4400 PS mit $n_s =$ rd. 500.

Großkraftanlagen Hier sind vor allem die großen Turbinen zu erwähnen, die am Shannon in Irland aufgestellt werden, und zwar im ganzen sechs Spiralturbinen mit stehender Welle und unmittelbar gekuppelter Schirmdynamo für $H = 29$ bis 35,1 m und je 40 000 PS Größtleistung beim höchsten Gefälle. Die spezifische Drehzahl der Laufräder beträgt rd. 400, ist also für das vorliegende Gefälle sehr hoch. Die mächtigen Stahlblechgehäuse haben 4,8 m Einlaufdurchmesser und messen in der Diagonale 15 m. Die Spurzapfen, die bis zu 500 t Belastung bei 150 Uml./min auszuhalten haben, werden als Segmentspurlager mit 1,9 m Dmr. der Spurringe ausgebildet.

Das Kraftwerk Pfrombach der „Mittleren Isar“ erhält acht Spiralturbinen mit liegender Welle, die bei 21 m Gefälle zusammen 38 640 PS bei 250 Uml./min leisten und alle miteinander ausrückbar gekuppelt werden. An einem Ende wird ein Synchron-Drehstrom- und am andern Ende ein Einphasen- und ein Asynchron-Drehstromerzeuger angetrieben. Bei dieser ungewöhnlichen Anordnung, die mit Rücksicht auf die vielseitigen Betriebsanforderungen gewählt wurde, ergibt sich ein 85 m langer Wellenstrang.

Von den Nebeneinrichtungen für Großkraftanlagen sind die Fallschützen und Rollklappen als Sicherheitsorgane gut durchgebildet worden. Eine Kontrollvorrichtung (Voith) gestattet, die Fallschütze auch während des Betriebes einer Prüfung zu unterziehen[4]). Die Fallschützen werden auch als normale Abschlußvorrichtungen benutzt, ebenso wie die Rollklappen, die schon für 13,5 m größte Breite bei 8,5 m Wassertiefe ausgeführt worden sind (Kachlet). Für Anlagen ohne Bedienung ist die turbinentechnische Ausrüstung von deutschen Turbinenfirmen vollständig durchgebildet worden und hat sich gut bewährt. Rechenreinigungsmaschinen finden ebenfalls immer größere Verbreitung[5]).

Wasserkraft-Speicherwerke In erhöhtem Maße richtete sich im verflossenen Jahre die Aufmerksamkeit auf die Deckung der Spitzenleistung großer Elektrizitätswerke, und zwar sucht man eine Lösung im Bau von künstlichen Speicher-Wasserkraftwerken mit Pumpenförderung in Hochbehälter[6]). Dazu soll nicht nur die Abfallarbeit aus Wasserkraftanlagen, sondern auch Wärmekraftenergie benutzt und dadurch bei den Wärmekraftwerken ein besserer Ausnutzungsfaktor und eine gleichmäßigere Belastung erzielt werden. Unter bestimmten Verhältnissen kann sich ein solches Speicherwerk in Verbindung mit einer Wärmekraft wirtschaftlich gestalten[7]). Für Deutschland hat man derartige Entwürfe mit Turbinen von 30 000 bis 100 000 PS Einzelleistungen ausgearbeitet.

Die städtischen Elektrizitätswerke München errichten im Anschluß an das Leitzachwerk ein solches Speicherkraftwerk und haben die dazu erforderlichen beiden Pumpen für 130 m manometrische Förderhöhe und je 8000 PS Antriebleistung sowie eine Doppelspiralturbine von 11 000 PS in Auftrag gegeben. Die Pumpen erhalten wie die des Schwarzenbachwerkes regelbare Leitschaufeln. Der höchste Wirkungsgrad dieser Pumpen ist zu 85,2 vH bestätigt worden.

Eine Speicherpumpe mit neun hintereinander geschalteten Laufrädern für 410 l/s auf 920 m manometrische Förderhöhe ist im letzten Jahr in der schweizerischen Anlage Tremorgio in Betrieb genommen worden.

[C 2664] Oesterlen.

Pumpen und Kompressoren

Pumpen Eine oft gehörte Ansicht erklärt die Kolbenpumpe als veraltet, da heute die Kreiselpumpe weitaus am meisten verwendet wird. Nun besitzt aber die Kolbenpumpe zwei Vorzüge, die sie für Sonderanwendungen unentbehrlich macht, nämlich ihre Verwendbarkeit für sehr hohe Drücke (100 bis 300 at und mehr) und ihr wirtschaft-

[1]) Z. Bd. 70 (1926) Nr. 32.
[2]) Z. S. 1177 u. 1661.

[3]) Englesson, Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26.
[4]) „Die Wasserwirtschaft“ (Wien) Bd. 19 (1926) S. 463.
[5]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1483 u. f.
[6]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f.
[7]) Maas, Untersuchungen über die hydraulische Speicherung von Dampfkraftenergie, Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26.

licher Antrieb durch die Kolbendampfmaschine. Wir finden sie daher als Speisepumpe an neuzeitlichen Kesselanlagen für sehr hohe Drücke, ferner bei neuen Verfahren der chemischen Industrie; z. B. muß bei der synthetischen Herstellung des Ammoniaks oder bei der sogenannten Verflüssigung der Steinkohle die Flüssigkeit auf 300 at gebracht werden. Für den Antrieb ist insbesondere die Gleichstrom-Dampfmaschine beliebt, deren Drehzahl in weiten Grenzen verstellbar ist und die überall da wirtschaftlich arbeitet, wo Steinkohle genügend billig zu haben ist.

Der Bau der Kreiselpumpen hat auch dieses Jahr kaum nachgelassen und hat zu Maschinen von gewaltigen Abmessungen geführt. Hydraulische Speicherkraftwerke benützen diese Gattung mit Vorteil[1]). Gegenwärtig sind bei der Firma Escher-Wyß & Cie., Ravensburg, zwei Pumpen größter Ausführung im Bau; sie sind bestimmt für das Leitzachwerk der Stadt München mit je 3,75 m^3/s Liefermenge und 130 m manometrischer Förderhöhe und verzehren ungefähr je 8000 PS bei 428 Uml./min (vergl. S. 24).

Aber auch kleinere Bauarten sind bemerkenswert, so die selbstansaugende Pumpe von Amag-Hilpert[2]), die als Lenz- und Feuerlöschpumpe, für Kanalbauten usw. Verwendung findet. Die auf derselben Welle laufende Entlüftungsvorrichtung besteht aus einer Elmo-Wasserringpumpe der Siemens-Schuckert-Werke; sie saugt während der Anlaufzeit Luft an und arbeitet nachher als Wasserpumpe.

Kompressoren Der Bedarf an Druckluft hat sich auch in diesem Jahr gesteigert, insbesondere sind es die Hochdruckanlagen, die im In- und Ausland zu ausgedehnten Werken von größten Abmessungen geführt haben. Die fabrikmäßige Herstellung von Stickstoff aus Luft, von Ammoniak usw. verlangt große Kolbenkompressoren mit Enddrücken von 300 at. Bereits werden Drücke bis zu 1000 at in Erwägung gezogen, bei denen die chemischen Vorgänge wirkungsvoller vor sich gehen sollen als bei 300 at. Derartige bis jetzt unbekannte Enddrücke werden in sechs Stufen erreicht, wozu fünf Zwischenkühler eingeschaltet werden müssen.

Für kleinere und mittlere Drücke kommt der Kompressor mit umlaufendem Kolben immer mehr zur Geltung. Sein Vorzug liegt im unmittelbaren Antrieb durch den auf der gleichen Grundplatte sitzenden Elektromotor. Bereits mit Erfolg ist versucht worden, den umlaufenden Kompressor bei Kälteanlagen zu verwenden[3]).

Von mehrstufigen Kompressoren ist zu berichten, daß man begonnen hat, sie für die Verdichtung von verschiedenen Gasen zu benutzen. Einen großen Turbokompressor für Ammoniak hat die Firma Brown, Boveri & Cie., Mannheim, in der Nähe von Kassel aufgestellt. Diese Kälteanlage mit der außergewöhnlichen Leistung von 6 000 000 kcal/h wird bei der Herstellung von Glaubersalz benutzt: sie kann bezüglich Größe und bezüglich Art der Maschinengattung als Neuheit bezeichnet werden.

[C 2663] P. Ostertag.

Werkzeugmaschinen und Werkzeuge

Wirtschaftliches Die wirtschaftlichen Schwierigkeiten des Jahres 1926 wirkten sich auf den Werkzeugmaschinenbau besonders schlimm aus, da die Ergänzung der Betriebsmittel überall möglichst zurückgehalten wurde. Fast auf allen Gebieten steht die Geldknappheit der unbedingt erforderlichen Rationalisierung der Werkstätten entgegen; nur der Kraftwagenbau machte eine gewisse Ausnahme.

Erzeugung und Inlandabsatz sind im Berichtjahre wie schon im Vorjahre zurückgegangen, die Ausfuhr ist gestiegen und hat in den meisten Ländern den Stand der Vorkriegszeit wesentlich überschritten. Ausländische Rüstungsindustrien bedienen sich der deutschen Werkzeugmaschinen in der früher gewohnten Weise. Schlecht ist die Lage des Maschinenhandels, der, von wenigen Ausnahmen abgesehen, heute nicht das Kapital hat, um ein größeres Lager zu halten und damit seine Bedeutung als Ausgleichsammler für die erzeugende Industrie verliert.

Technischer Fortschritt Diesen darf man nicht nur nach der Anzahl der Neukonstruktionen werten; die ganze metallbearbeitende Industrie Deutschlands zeigt vielmehr wertvolle Ansätze zur Genesung nach den Kriegs- und Inflationsjahren. Die Erkenntnis dessen, was den Betrieben nottut, hat sich bei uns verbreitet. Die Wirkung der Arbeitsgemeinschaften, die den wertvollen Stoff der Fachzeitschriften in das lebendige Wort umgestalten, beginnt sich zu zeigen.

Im gleichen Sinne wirken die guten Beispiele amerikanischer sowie guter ausländischer Maschinen, ferner auch die hohen Anforderungen, die heute infolge der erheblich verbesserten Stähle und Werkzeuge sowie auch sonst von der verbrauchenden Industrie gestellt werden.

Unsere führenden Werke haben eingesehen, daß nichts teurer ist, als minderwertige Werkzeuge und Maschinen. Hierzu gehört, daß der Wert des Betriebsmittels einwandfrei festgestellt wird; solange das nicht geschieht, dürfen sich die Betriebsleiter nicht wundern, wenn sich die Einkäufer nur nach dem Preise richten. Statt des Preises müßte man zum Vergleich von Maschinen für den gleichen Zweck einen aus Preis, Lebensdauer und Ausbesserkosten zu berechnenden Gebrauchswert setzen und Methoden festlegen, um diesen Gebrauchswert zu ermitteln. Dann werden die Klagen der Lieferer über nicht sachverständige Behandlung ihrer Angebote verschwinden. In dieser Richtung liegt auch die kürzlich in einem Vortrag in der A. d. B. von Jung ausgesprochene Mahnung, Werkzeugmacher von höchster Güte heranzubilden und nur erstklassige Betriebsmittel, keine Marktwaren und keine abgebrauchten Maschinen zu beschaffen. Und in der gleichen Richtung wirkt der Gedanke der fließenden Fertigung, der wie alles wirklich Gute selbstverständlich ist und zur Durchforschung der Arbeitsmethoden zwingt; liegt doch in dieser geistigen Durcharbeitung der Fertigung auch der wesentliche Kern der Taylorisierung, der Zeitstudie, der Normung usw.

Maschinen Der Einfluß eingeführter amerikanischer Maschinen, die der Betriebsmann bei der Arbeit sehen konnte, zeigt sich auf allen Gebieten. Jedenfalls werden unsere Werkzeugmaschinenbauer in den nächsten Jahren nicht zur Ruhe kommen; die neuen harten Werkstoffe, die leistungsfähigen Schneidwerkzeuge und die scharfen Kalkulationen schalten schwächliche und langsame Maschinen rücksichtslos aus. Handlichkeit und Leerzeitkürzung sind Forderungen, an denen man nicht mehr vorübergehen kann. Die verwickelten Räderkästen haben den Höhepunkt der Entwicklung überschritten und zum Teil schon einfachen Antrieben mit losen Wechselrädern Platz gemacht. Die Einflüsse des Kraftfahrzeug- und des Elektrobahnbaus (geschliffene Stirnräder, bogenzähnige Kegelräder) wirken sich aus. Der Lokomotivbau typt, normt, verlangt Austauschbarkeit und fördert mit seinen Ansprüchen die Bearbeitungsmaschinen und -werkzeuge.

Bei den Drehbänken hat sich die Vielstahlbank für abgesetzte Dreharbeiten in den Vordergrund gedrängt, wo sie mit der Revolverbank und dem Halbautomaten in ernstem Wettbewerb steht. Das gleichzeitige Arbeiten vieler Stähle und ihre starre Aufnahme ohne die nie ganz starre Kopfverriegelung heben Schnelligkeit und Güte der Arbeit; auch die kleine Revolverbank weicht der Bolzendrehbank mit Vielfachstahlhaltern. Gängige deutsche Spitzen-Halbautomaten mit Magazinzufuhr fehlen noch. Die Entwicklung der Vollautomaten ist sehr rege. An Bohrmaschinen gibt es einige Spitzenleistungen: kleine schnelllaufende Maschinen, um die Leistungsfähigkeit dünner Bohrer voll auszunutzen und ihr Leben zu verlängern, eine schwere Bohrpresse mit dreifachem Schwenktisch, vielfältige Sondermaschinen, vielspindlige Bohrwerke. — Schnelllaufende mehrspindlige Bohr- und Gewindeschneidmaschinen jeglicher Größe mit Magazinzufuhr, Drehtisch usw. werden noch vermißt.

Die Entwicklung der Fräsmaschinen läßt zu wünschen übrig. Immerhin gewinnen der schnelle Rücklauf, die Aufspannung mittels Schwenktisches, das ununterbrochene Fräsen mit Rundtisch, der Sprungvorschub, Verbreitung. Auch schwere Sonderfräsmaschinen für den Kraftfahrzeugbau sind erschienen.

Schleifmaschinen entwickeln sich in der Richtung des Einstechschleifens mit und ohne schwingende Längsbewegung des hydraulischen Tischvorschubs bei Rund- und Innenschleifmaschinen sowie an den selbsttätigen Meßeinrichtungen für Innen- oder Außenmessungen, um die Schleifzeit abzukürzen. Die amerikanischen spitzenlosen Schleifmaschinen werden durch leichtere ergänzt. Zum Scharfschleifen von dünnen Spiralbohrern, die stets an mangelhaftem, weil freihändigem, Anschliff leiden, dienen zwei neue Maschinen.

Bei Pressen und Scheren führen sich Druckluft für die Blechniederhalter und Ausstoßer und der Ersatz der Federn durch einen mechanisch bewegten Gleichdruckregler ein. Durch Schweißen verbindet man in den Werkstätten nunmehr auch große Maschinenteile aus Blech mittels des Lichtbogens. Hand in Hand damit geht die Verwendung von mechanisch führenden Vorrichtungen zum Sauerstoffschneiden.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f. [2]) s. Z. Bd. 70 (1926) S. 1573.
[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 393.

Der elektrische Einzelantrieb mit Druckluftsteuerung zeigt bei den schweren Werkzeugmaschinen schöne Erfolge, auch der schwungradlose Antrieb von schweren Scheren. Eine Kreismesserschere ist als Ersatz für schwere Kurbelscheren für Kesselbleche eingeführt worden.

Werkzeuge Bei den Werkzeugen überragen die Verbesserungen der Schneidwerkzeuge die sonstigen Fortschritte der Spann- und Meßwerkzeuge. Das Osram-Hartmetall und neuerdings das Miramant von Röchling haben die Schnittgeschwindigkeiten in einer Weise erhöht, die an die Einführung des Schnelldrehstahles vor 25 Jahren erinnert. Auch der geschliffene Gewindebohrer erobert sich unaufhaltsam sein Gebiet. Es ist zu begrüßen, daß die Güte der Schneidwerkzeuge steigt, denn eine neuzeitliche scharfe Vorkalkulation bleibt ebenso zwecklos wie die fließende Fertigung, wenn man sich auf die Arbeitschneide nicht bedingungslos verlassen kann.

[C 2657] B. Buxbaum.

Hebezeuge und Förderanlagen

Aufzüge Im Laufe des Jahres 1926 ist die Reichseinheitsverordnung über die Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen nebst den „Technischen Grundsätzen für den Bau von Aufzügen" vom Präsidenten der Reichsarbeitsverwaltung in Berlin den Landesregierungen zugeleitet worden. Man ist übereinstimmend zu der Auffassung gelangt, daß die Berechnung der Aufzugseile nach Bach, wie sie u. a. im Kommentar zu der bisherigen Preußischen Aufzugverordnung von Jaeger (2. Aufl. 1919) noch angegeben war, der heutigen Erkenntnis nicht mehr entspricht, und es wurden im Auftrage des vorläufigen deutschen Aufzugausschusses von Benoit, Karlsruhe, die Unterlagen für die neuen Vorschriften zur Bemessung von Drahtseilen für Personen- und Lastenaufzüge ausgearbeitet. In den Technischen Grundsätzen findet auch die Treibscheibenwinde Beachtung, so daß der Weiterentwicklung und Verbreitung dieser wichtigen Aufzugwindenart, die der Normung in besonderem Maße zugänglich ist, nun auch in Deutschland kein Hindernis mehr entgegensteht.

Hafenkrane Um die Zweckmäßigkeit der Wippkrane mit wagerechtem Lastweg beim Wippen, einer Kranform, die in England schon ziemlich weit verbreitet ist[1]), für deutsche Häfen zu erproben, wurden in Bremen, Hamburg, Altona und Emden derartige Krane aufgestellt[2]). Eine große Anzahl deutscher Firmen (Demag, Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Mohr & Federhaff, Francke-Werke, Tigler, Ardelt-Werke, Kampnagel u. a.) hat sich die Ausbildung derartiger Krane angelegen sein lassen.

Förderrinnen Zu der Schüttelrutsche und der Wurfförderrinne ist der sogenannte Wuchtförderer von Heymann[3]) (gebaut von Schenck, Darmstadt) getreten. Der äußere Aufbau des Wuchtförderers unterscheidet sich bis auf den Antrieb, den Erreger der Schwingungen, nicht von den Wurfförderrinnen älterer Bauart. Das Verhältnis der Antriebmasse zur Rinnenmasse (einschließlich Beschickungsgewicht) wird so gewählt, daß die Eigenschwingungszahl der aus der Rinnenmasse, den Federn und der Antriebmasse bestehenden Schwingungseinrichtung sich zwischen Leerlauf und Vollast der Rinne nicht nennenswert ändert, so daß die Antriebmaschine dauernd mit sehr gutem Wirkungsgrad in Resonanz arbeitet, wodurch der Kraftbedarf des Wuchtförderers sehr gering wird. Als weitere Vorzüge des Wuchtförderers werden hervorgehoben, daß bei Förderung von staubförmigem und leicht zusammenbackendem Gut die Förderung schonend und gleichmäßig erfolgt, und daß eine Entmischung des Fördergutes nicht eintritt.

Antrieb Beim Antrieb von Kranen und Löffelbaggern ist der Verbrennungsmotor nach amerikanischem Vorgehen auch bei uns nun, besonders als Dieselmotor, im Vordringen, vor allem für auf Raupenketten laufende Geräte.

Seilschwebebahnen Der Bau von Seilschwebebahnen für Personenbeförderung hat im Laufe dieses Jahres große Fortschritte gemacht. Es wurden die nach dem System Bleichert-Zuegg[4]) gebauten Bahnen auf das Kreuzeck[5]) bei Garmisch in Oberbayern, auf die Raxalp bei Payerbach am Semmering und auf die Zugspitze[6]) bei Ehrwald in Tirol, in Betrieb gesetzt. Diese Anlagen weisen eine überraschend hohe Benutzungsziffer auf und stellen somit neben dem technischen einen großen wirtschaftlichen Erfolg dar. So hat die Kreuzeckbahn, die Ende Mai d. J. dem Verkehr übergeben wurde, bis Mitte November 94 168 Personen in beiden Richtungen befördert (Rückfahrkarte 5 ℳ). Die entsprechende Zahl für die Anfang Juli dieses Jahres eröffnete Zugspitzenbahn ist 76 440 Personen (Rückfahrkarte 16 Schilling). Auf die Zugspitze wurden täglich bis zu 700 Fahrgäste in jeder Richtung befördert. Bei diesen Bahnen wurde die von der wissenschaftlichen Forschung schon vor längerer Zeit ausgesprochene Erkenntnis verwendet, die durch den Raddruck des Fahrzeuges auftretende Biegungsbeanspruchung, die Hauptursache für die Zerstörung der Tragseile, zu vermindern durch Steigerung der Zugbeanspruchung der Tragseile[7]). Im Bau befinden sich zur Zeit: die Bahn Oropa – Monte Mucrone, die Bahn Gerschnialp – Trübseealp bei Engelberg in der Schweiz, die Bahn auf den Kranabitsattel bei Ebensee am Traunsee, die Bahn auf den Pfänder bei Bregenz am Bodensee, die Rjukan-Bahn, Norwegen, und die Bahn auf den Tafelberg bei Kapstadt, Südafrika. Auch diese Bahnen werden von Bleichert gebaut.

Die Leistungsfähigkeit dieser verbesserten Personen-Seilschwebebahnen ist infolge ihrer hohen Geschwindigkeit (bis zu 5 m/s) der von Standseilbahnen als gleichwertig oder schon als überlegen anzusehen. Die Entwicklung der Personen-Seilschwebebahnen zu der heutigen Vollkommenheit muß als eine Glanzleistung deutscher Technik bezeichnet werden. [C 2640] Woernle.

Landwirtschaftsmaschinen

Kraftmaschinen Die besonderen Anforderungen der Landwirtschaft an eine Kraftmaschine, die in der Erreichung geringen Gewichtes, einfacher Bedienung und guter Überlastbarkeit bestehen, sind durch die Dampflokomobile mit stehendem Kessel, Überhitzer und außenliegender stehender Dampfmaschine der Firma R. Wolf, Magdeburg, in neuer Form erfüllt. Trotz ihres geringen Gewichtes (2,3 t) leistet die Maschine normal 26 PS; sie kann vorübergehend mit 50 PS belastet werden und scheint auch widerstandfähig genug zu sein. Für kleine Leistungen und im Motorpflug ist der Glühkopf- und noch mehr der Dieselmotor für die Landwirtschaft schon recht brauchbar.

Kraftpflüge[8]) Die Raupenschlepper scheinen wegen ihrer sicheren Arbeit auf schlecht tragfähigem Boden und ihrer guten Zugkraft vorzudringen, seitdem es gelungen ist, ihren Preis niedrig zu halten und die Ausbesserkosten durch Vervollkommnung der Ketten herabzudrücken. Die Entwicklung geht auch hier auf die Bevorzugung kleiner Maschinen. Gleiskettenausrüstungen an Radschleppern und Radgestelle für kleine Raupenschlepper sollen die Maschinen für verschiedene Arbeitsbedingungen möglichst gut verwendbar machen. In der Moorkultur findet die Zugkraftwalze der Union-Gießerei, Königsberg, Beachtung, die unbelastet 4,5 t und mit Ballast, wenn sie als Wiesenwalze arbeitet, 6 t wiegt. Ohne Belastung ist sie ein brauchbarer Schlepper mit 45/50 PS Leistung für die Arbeit auf Moorboden. Anhängepflüge, Grubber und Scheibeneggen werden besonders den Kleinschleppern immer besser angepaßt, so daß ihre Bedienung vom Schleppersitz aus immer bequemer und die nötige Breite zum Wenden immer geringer wird. Die Vorliebe für große Motorpflüge geht zurück, und in der Bewegung für die Untergrundlockerung scheint schon wieder ein Stillstand eingetreten zu sein.

Maschinen zur Saat und Saatpflege Die Entwicklung der Einzelheiten an Drill- und Düngerstreumaschinen macht Fortschritte; grundsätzliche Neuerungen fehlen. Bei den Hackmaschinen hat sich die im Vorjahr gekennzeichnete Entwicklung fortgesetzt, ohne daß die diesjährige Prüfung durch die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft eine bestimmte Richtung erkennen ließe oder den Streit zwischen dem hebelförmigen Scharträger und dem Parallelogramm der Lösung nähergebracht hätte. Hier ist der Punkt erreicht, wo nur planmäßige Versuche helfen können.

Erntemaschinen Nach der bisher nur für den Antrieb durch Dampfpfluglokomotiven ausgebildeten Bauart der Rübenerntemaschinen ist eine einreihige Maschine für Gespannbetrieb entwickelt worden. Die Kartoffelerntemaschinen boten nichts Neues von grundsätzlicher Bedeutung. Was an guten Erfindungsgedanken auf diesem schwierigen Gebiet vorhanden ist, sucht ein Ausschuß beim Reichsernährungsministerium

---

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 65.
[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 73 u. 1429, „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 19 (1926) S. 253.
[3]) Z. S. 309, VDI-Nachrichten 3. März 1926, Fördertech. u. Frachtv. S. 96
[4]) Fördert. u. Frachtv. S. 272.
[5]) Z. S. 1771. [6]) Z. S. 1755.
[7]) Zeitschr. d. Verb. Deutscher Dipl.-Ing. 1913 S. 578 u. f.
[8]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1209, 1261, 1273.

durch Feldversuche und Förderung der Konstruktionen nutzbar zu machen. Der Arbeitsaufwand bei der Kartoffelernte wird durch die fahrbare Sortiermaschine mit Kraftbetrieb, die die Kartoffeln nach Sorten getrennt und ausgelesen in die einzelnen Wagen laufen läßt, im Großbetrieb erheblich vermindert.

Dreschbetrieb Die Dreschmaschinen mittlerer Leistung sind durch Zusammenfassung ihrer Organe in der im Vorjahr beschriebenen Art weiter vereinfacht. Die Firma Schulz, Magdeburg, hat ihre bereits früher versuchte Vereinigung der Dreschmaschine mit der Strohpresse wieder aufgegriffen und glücklicher gelöst, da die Maschine trotz einer für größere Güter ausreichenden Leistung nur 4850 kg wiegt und die Teile gut zugänglich sind.

Normung Allmählich wächst die Beteiligung der Hersteller an den Arbeiten zur Normung der Landmaschine, bei der einstweilen nur Anschlußmaße bearbeitet werden. Bei Pflugscharen sind zum ersten Mal Entwürfe für die Werkstoffnormung aufgestellt worden. Um die Werkstoffnormung weiter ausbauen zu können, sind umfangreiche Untersuchungen über die Beziehungen der Werkstoffeigenschaften zur Abnutzung der Teile im Betriebe vorbereitet und teilweise schon begonnen worden. Es ist erfreulich, daß Reichsmittel für diese und andre wissenschaftliche Untersuchungen bereitgestellt wurden.

[C 2643] G. Fischer.

Gestaltungs- und Maschinenteile

Feste Verbindungen Erstrebt wird die Form- und Größentypisierung aller häufigen Verbindungen (z. B. zwischen Stangen, Wellen, Scheiben, Wänden usw.), deren Abmessungen nur in ihrer Gegenseitigkeit, also ohne Maßzahlen, für Körper von überall gleicher Beanspruchung festzulegen wären. Zu diesem Ziele führt das zunehmende Streben nach Leichtmaschinen- und nach Reihenmaschinenbau, geleitet durch das heute wesentlich verfeinerte Gefühl für alle Kerbwirkungen und ihre Ursachen. Vom Standpunkt der gleichmäßigen Beanspruchungen gibt es für jede Art Verbindung nur eine einzige beste Form, der man sich unter Berücksichtigung technologischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte möglichst zu nähern sucht. Werden alle Maschinen gleicher Art außerdem grundsätzlich in Abmessungen gebaut, die einer bestimmten geometrischen Reihe, z. B. der „Zehner-Reihe“, entsprechen, so können auch alle Typenverbindungen ohne weiteres in dieser Reihe benutzt werden. — Das verfeinerte Gefühl für Kerbwirkungen und Formänderungen läßt Keil- und Nutenverbindungen mehr und mehr zugunsten der allerdings teuren, aber Platz und Stoff sparenden Riffelverbindung (vergl. Rudge-Nabe) oder mindestens zugunsten der Kegelverbindung zurücktreten, da beide eine genau zentrische Verspanung ermöglichen. — Die Gewindefrage ist zugunsten des genormten Spitzenspiels endgültig entschieden, dagegen ist die Frage, wieweit Muttern gegebenenfalls ohne Nachteil in geringerer Höhe als bisher ausgeführt werden können, erst angeschnitten. Die Nietverbindung, die infolge der plötzlichen starken Verdickung an der Verbindungsstelle, der hintereinanderliegenden Nietreihen und der Beanspruchungen beim Nietvorgang eine der undurchsichtigsten Verbindungen ist, muß an manchen Stellen das Feld zugunsten der Schweißverbindung oder der nahtlosen Herstellung räumen. Die Nietung mit zylindrischen Stiften, die beiderseits einen Schließkopf erhalten, nimmt wegen ihrer guten Abdichtung bei Kesseln zu.

Bewegliche Verbindungen Das Verständnis für die Bedeutung und die Ursachen der Flüssigkeitsreibung äußert sich durch das Fortlassen der Nuten in den Querlagern, die Versteifung der Lagerschalen zur Aufrechterhaltung genau zylindrischer Form und die allgemeine Anwendung von Michell-Lagern für schwere Längsdrucklager. Die neueren Versuche bei der AEG, bei der Bamag und in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (Vieweg) haben die Gesetze der Flüssigkeitsreibung noch weiter aufgehellt, so daß wir sie heute für gleichbleibende Lagerdrücke und Zapfengeschwindigkeiten vollkommen beherrschen[1]). Es sind Reibungswerte erreicht worden, die genau so tief liegen, wie die niedrigsten Wälzlager-Reibungszahlen. Überall dort jedoch, wo Geschwindigkeit oder Druck im Lager nach Richtung oder Größe stark wechseln, insbesondere wo häufiger Stillstand eintritt und die Lagerabnutzung besonders schädlich ist, führen sich Wälzlager mehr und mehr ein, die sich dann trotz ihrer höheren Beschaffungskosten durch verminderte Leistungs- und Abnutzungsverluste bezahlt machen, und zwar neuerdings sogar im Walzwerk- und Eisenbahnbetrieb. Die Ausbildung der Rollen-, Kegel- und Tonnenlager hat zu dieser Anwendung im Großmaschinenbau viel beigetragen. Als Bedürfnis bleibt für manche Zwecke noch die Ausbildung billiger Wälzlager mit teilbaren Lagerbüchsen (in Amerika das Hyatt-Lager) bestehen.

Maschinenelemente (Speicher, Leitungen, Umformer, Schalter, Widerstände und Regler[2])). Umformer (oder Getriebe) sind die Maschinenelemente mit der größten Weiterentwicklung. Es seien nur die Zahnradgetriebe herausgegriffen, bei denen mit der genauen und bequemen Messung der Form- und Teilfehler, insbesondere auch durch die neuen Zeiß-Geräte die Grundlage für genauere Festlegung von Abnahmetoleranzen und Abnutzungsmessungen, wenigstens für Stirnräder, geschaffen ist. Die so wichtige Festlegung der normalen Zahnform für Stirnräder (Evolventenverzahnung mit 20° Eingriffswinkel) wurde im vergangenen Jahre zum Abschluß gebracht. Fortschritte in der Zahnherstellung selbst ermöglichen u. a. die Maschinen von Schicht-Klingelnberg (Herstellung von Spiralkegelrädern im Schraubwälzverfahren), von Gleason (Herstellung von Hyperboloid-Kegelrädern für gekreuzte Achsen) und der Minerva-Automobil-Fabrik (Schleifen von Gerad- und Schrägzahnrädern durch Formschleifer).

Die Ausbildung großer und raschlaufender Zahnrad-Umformer macht heute keine Schwierigkeiten mehr; dagegen ist die Ausbildung größerer Wechselumformer mit Zahnrädern noch nicht ganz abgeschlossen, hat aber immerhin durch die Anwendung für Diesellokomotiven und für Triebwagen auch im letzten Jahre große Fortschritte gebracht, so daß die Aussichten der hydraulischen Getriebe für den gleichen Zweck entsprechend geringer geworden sind, zumal bei diesen die Verluste an Drehzahl (durch Schlupf) und am Drehmoment (durch Wirbelbildung und Reibung) nicht leicht unter 20 vH gebracht werden können. Wo es aber weniger auf Wirkungsgrad als auf stufenlose Feinverstellung ankommt, z. B. bei manchen Werkzeugmaschinen, haben sich verschiedene Arten von hydraulischen Umformern mit Erfolg einführen können. Der Kampf zwischen den verschiedenen Wechselumformern wird noch weiter dauern, zumal neuerdings auch stufenlose Umformer, die mit mechanischen Gleichrichtern arbeiten, im Auslande versucht wurden (de Lavaud, Constantinesco).

Auf dem Gebiete der Reibrad-Umformer ist ein neues Getriebe der Firma Fried. Krupp A.-G., Essen, zu erwähnen, das sich durch seine geringen Lagerverluste auszeichnet, während auf dem Gebiete der Riementriebe sowohl die Entwicklung als die Forschung im letzten Jahre wenig Neues brachten, abgesehen von der stetig zunehmenden Einführung des Spannrollentriebes.

Auf dem Gebiete der Leitungen ist vor allem die fast abgeschlossene Normung der Rohrleitungen als eine Tat von großer wirtschaftlicher Bedeutung zu erwähnen. Bei Wellenleitungen bevorzugt man neuerdings zur Vermeidung jeglicher Wellennut Klemmverbindungen mit den möglichst leicht zu haltenden Scheiben, wodurch die Verwendung schwächerer und gezogener Wellen begünstigt wird.

Bei der Ausbildung von Rohrschaltern macht sich der Einfluß der Aerodynamik in der planmäßigen Vermeidung von Wirbelverlusten mehr und mehr geltend; während er bei Schiebern bereits zu vollem Erfolg geführt hat, ist bei Hubschaltern (Ventilen) noch mancher Fortschritt zu erwarten.

Bei den Reglern ist vor allem auf die neuen „Verstärker“ (Servomotoren), z. B. die Arec- und die Askania-Verstärker, hinzuweisen, die eine außerordentlich empfindliche Feinregelung von Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Drehzahl oder dergl. gewährleisten. Zu den Reglern können auch die Dämpfeinrichtungen für Wellenschwingungen gerechnet werden, die in den letzten Jahren bei Automobilmotoren mehr und mehr eingeführt wurden, um als Energieverzehrer auch im Resonanzgebiet der Kurbelwelle einen Betrieb ohne unzulässige Schwingungsausschläge zu ermöglichen.

Sammelarbeit Neben den Gestaltungsteilen der Maschinentechnik hat man auch denen der Gerätetechnik in den letzten Jahren eine größere Aufmerksamkeit geschenkt. Der große Sammelatlas „Konstruktionselemente der feinmechanischen Technik“[3]) ist als Werk von großer technischer und wirtschaftlicher Bedeutung zu erwähnen, das auch für den Großmaschinenbau vorbildlich wirken kann. [C 2658] Kutzbach.

[1]) Vergl. die neuen Werke von Gümbel-Everling über Flüssigkeitsreibung und von Falz über Schmiertechnik.

[2]) Über diese neuere „elektrotechnische“ Bezeichnungsweise vergl. „Hütte“, 24. u. 25. Aufl., Maschinenteile.

[3]) Herausg. von der Fachschule für feinmechanische Technik (Berlin-Charlottenburg, Schillerstr. 8) für ihre Mitglieder.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

Dampfkraftwerke In dem Bestreben, den Kohlenverbrauch herabzusetzen, wurden auch im abgelaufenen Jahre zahlreiche Turbinen für 35 at Überdruck und für Dampftemperaturen bis zu 400° aufgestellt. Aus Amerika wird berichtet, daß ein mit 84 at arbeitendes Kraftwerk im normalen Betriebe nicht mehr als 0,45 kg/kWh Kohlen bei einem Wärmeaufwand von 3590 kcal/kWh verbraucht. Die Versuchsanlagen für Kohlenstaubfeuerung ergaben, daß die Wirtschaftlichkeit der Werke dadurch zu heben sei, daß man die Lastspitzen den Kesseln mit Kohlenstaubfeuerung überläßt, während die Kessel mit Rostfeuerung die Grundbelastung übernehmen.

In Rußland ist das Kraftwerk Schatura, das mit Torffeuerung eingerichtet ist und 32 000 kW leistet, in Betrieb gekommen, in Amerika das Kraftwerk Seal Beach (Los Angeles), das mit Öl und Naturgas betrieben wird und 35 000 kW leistet. Im Kraftwerk Rummelsburg[1]) der Berliner Elektrizitätswerke, A.-G., kam vor kurzem der erste Maschinensatz für 70 000 kW und das Schalthaus in Betrieb. Das Kraftwerk Charlottenburg hat nach seinem kürzlich vollendeten ersten Ausbau eine Leistung von 70 000 kVA. Die gesamte Jahreserzeugung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes, der Elektro-Werke, der Sächsischen Kraftwerke und des Elektrizitätswerkes Sachsen-Anhalt, beträgt 2823 Mill. kWh. Die drei größten kommunalen Werke, nämlich die Berliner Elektrizitätswerke, das Westfalenwerk und die Märkischen Kraftwerke, erzeugen jährlich 1112 Millionen kWh.

Wasserkraftwerke An der „Mittleren Isar" ist der Schlußausbau im Gange. Der Ausbau der unteren Isar zur Steigerung der landwirtschaftlichen Erzeugung wird geplant. Die Leistungen der schweizerischen Wasserkraftwerke betragen zur Zeit 900 000 kW bei einer Jahreserzeugung von 2,7 Milliarden kWh, daneben 135 000 kW nur für Bahnbetrieb. Die Stromerzeugung privater Industrien betrug außerdem etwa 1 Milliarde kWh. Von dem gesamten Bahnnetz der schweizerischen Bundesbahnen, das rd. 2900 km umfaßt, werden bereits rd. 1000 km elektrisch betrieben. Der gesamte Kraftbedarf für den Betrieb des vollausgebauten Bahnnetzes wird für den Betriebsumfang des Jahres 1913 auf etwa 500 Mill. kWh veranschlagt. Die stärkste zur Zeit in der Schweiz im Betrieb befindliche elektrische Lokomotive hat 4500 PS Höchstleistung.

In Tirol ist das Kraftwerk Achensee mit rd. 110 000 PS Maschinenleistung im Bau. In Vorarlberg erregt besondere Beachtung das Vermunt- und Lünerseewerk mit 350 000 PS Ausbauleistung für 570 Mill. kWh im Jahre. Die Wasserspeicherung beträgt 90 Mill. m³, entsprechend 160 Mill. kWh. An Wasserkraftwerken für die österreichischen Bahnen sind vier in Betrieb oder nahezu fertig, deren gesamte Jahresarbeit bei 82 000 PS Maschinenleistung auf 148 Mill. kWh berechnet ist.

Ein sehr hohes Gefälle, 751,5 m, nutzt das Kings River-Kraftwerk in Kalifornien mit 30 000 kW Leistung aus. Im Kraftwerk Oak-Grove, Oregon, arbeitet eine 35 000 PS-Francisturbine mit einem Gefälle von 259 m. Das Kraftwerk Queenstown am Niagara ist mit 500 000 PS die bedeutendste Wasserkraftanlage der Welt.

Hochspannungsleitungen Es sind Bestrebungen im Gange, das Netz des Bayernwerkes mit den österreichischen Wasserkraftwerken zusammenzuschließen. Im Westen ist das Bayernwerk mit dem Netz der württembergischen Landesversorgung und mit dem der Neckarwerke A.-G. zusammengeschlossen. Der weitere Anschluß an das Badenwerk und die Pfalzwerke ist geplant; außerdem der Anschluß an das Netz des Rheinisch-Westfälischen-Elektrizitätswerkes über die Main-Kraftwerke. Auch mit den preußischen Kraftwerken an der Oberweser schweben Anschlußverhandlungen. Über Hof soll das Bayernwerk mit dem sächsischen Netze zusammengeschlossen werden, ebenso mit den Netzen des Elektrizitätswerkes Sachsen-Anhalt, der Elektrowerke und der thüringischen Landesversorgung. Die 220 kV-Leitung des RWE zur Verbindung des Goldenberg-Werkes mit den süddeutschen Kraftbezirken erhält als Leiter Hohlseile mit 42 mm Dmr.

Als neueste Kabelbauart für Höchstspannungen bis 110 kV ist das glimm- und strahlungsfreie Höchstädter Kabel mit metallisierter Papierumwicklung entwickelt worden. Das im Sommer 1925 verlegte 50 kV-Unterseekabel durch den Öre-Sund hat sich gut bewährt. In Italien ist ein 130 kV-Kabel, Bauart Pirelli, seit einem Jahr im störungsfreien Betrieb; ebenso ist in New York ein 132 kV-Kabel derselben Bauart verlegt worden.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1285.

Von großer Bedeutung für die Betriebsicherheit der elektrischen Leitungen gegen atmosphärische Störungen ist die Errichtung einer Gewitterstation in Wünsdorf, südlich von Berlin, durch die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen.

Isolatoren Besonderes Augenmerk wird der Spannungsverteilung bei 220 kV-Ketten zugewendet. Diese werden mit besonderen Schutzringen ausgestattet, um bei auftretenden Stoßspannungen den übermäßig großen Spannungsanteil des untersten Gliedes herabzusetzen. Von neuen Hängeisolatoren sind erwähnenswert der Kegelkopfisolator und der V-Ringisolator[2]). Der Kegelkopfisolator enthält einen gespreizten Bolzen, der im glühenden Zustand über den im Isolatorkopf befindlichen Spreizkörper gestaucht wird. Nach dem Erkalten kann der Bolzen nicht mehr aus dem Bolzenloch entfernt werden. Beim V-Ringisolator wird der Bolzen mittels eines gestauchten Kupferringes im Innern eines halbkugelförmigen Hohlraumes befestigt. Der Tellerdurchmesser dieser Isolatoren beträgt 350 mm. Die Mindestbruchlast des Kegelkopfisolators wird mit 13 t, des V-Ringisolators mit 18 t angegeben.

Allgemeines In den ersten Monaten des Jahres machte sich die herrschende Wirtschaftskrise in einem scharfen Rückgang des Strombezuges der Abnehmer bemerkbar. Jedoch machten dann die zahlreichen Neuanschlüsse von Kleinverbrauchern diesen Rückgang wett, da die Bestrebungen zur Erhöhung des Stromumsatzes durch Stromwerbung, Umbildung der Tarife usw. Erfolg hatten. Es wird darauf hingestrebt, die vielgestaltigen Tarife durch eine beschränkte Zahl erprobter Tarife zu ersetzen.

[C 2642] Zipp.

Elektrische Maschinen und Geräte

Maschinen und Transformatoren Von Stromerzeugern sind große Einheiten in Amerika im Bau: Eine Einzelmaschine zu 75 000 kVA bei 1800 Uml./min und eine zu 85 000 kVA bei 1200 Uml./min, die zu einem Dampfturbinensatz von 160 000 kV[3]) gehören. Stromerzeuger mit Wasserturbinenantrieb von je 65 000 kVA[4]) bei 125 Uml./min sind seit 1924 im Betriebe. Wie bei großen Turbodynamos ein Wicklungsbrand durch Einblasen von Frischdampf[5]) oder Kohlensäure — besonders bei Umlaufkühlung — abgelöscht wird, soll bei diesen offenen Maschinen im Fall eines Wicklungsbrandes Wasser durch zahlreiche Düsen auf die Ständerwicklung[6]) gespritzt werden. Umlaufkühlung wird neuerdings auch bei langsam laufenden Stromerzeugern angewendet, z. B. bei der 15 000 kVA-Maschine[7]) mit 94 Uml./min der SSW für das Spitzenkraftwerk der Hamburgischen Elektrizitätswerke. Ersatz der Kühlluft durch Wasserstoff[8]) bei Umlaufkühlung wird von einigen Firmen ernstlich in Erwägung gezogen und vorbereitet.

Die Phasenverbesserung in Netzen durch synchrone und asynchrone[9]) Blindleistungsmaschinen hat zu Einheiten von erheblicher Größe — 12 000 kVA[10]) in Europa und 40 000 kVA[11]) in Amerika — geführt. Bei der Einzelverbesserung dringt die eigenerregte Drehstrom-Erregermaschine bei dauernd belasteten, die fremderregte bei stark schwankend belasteten großen Motoren durch; bei kleinen Niederspannungsmotoren (bis etwa 10 kW) tritt neuerdings der Kondensator als Papier-[12]), selten als elektrolytischer[13]) Kondensator, hervor. Bei höheren Spannungen erhält dieser Kondensator bisweilen Kabelform[14]).

Ein neuer kollektorloser Einphasenbahnmotor mit gleichstromerregtem Zwischenläufer ist bei Fried. Krupp[15]) entwickelt worden. Er eignet sich besonders für höhere Periodenzahlen, so daß der Anschluß an das allgemeine 50-Perioden-Netz möglich wäre.

Der Stand der Normung von Gleichstrommaschinen, Drehstrommotoren[16]) und ihren Einzelheiten ist auf dem Normenblatt DIN VDE 1999 und 2649 übersichtlich zusammengestellt.

Von Umspannern sind einige Ausführungen beachtenswert, die als Dreiwicklungs-Transformatoren[17]) zur Doppelspeisung und Kupplung zweier Hochspannungsnetze verschiedener Spannung[18]) ausgeführt sind. Die dritte Wicklung wird bisweilen auch zum Anschluß einer Blindleistungsmaschine benutzt. Derartige Dreiwicklungsumspanner sind bis zu den höchsten Leistungen[19]) 3 × 28 900 kVA, 220/66/11 kV — ausgeführt worden.

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1185. [3]) Z. S. 962. [4]) Z. S. 88. [5]) Elektrizitätsw. Bd. 25 (1926) S. 289. [6]) General El. Rev. Bd. 29 (1926) S. 775. [7]) Z. S. 822. [8]) Z. S. 889 und ETZ Bd. 47 (1926) S. 768. [9]) Elektrizitätsw. S. 457. [10]) BBC-Mitteil. Bd. 13 (1926) S. 6. [11]) Z. S. 35. [12]) ETZ S. 1273 und AEG-Mitteil. 1926 S. 392. [13]) Elektrot. u. Maschinenbau Bd. 44 (1926) S. 130. [14]) ETZ S. 1339. [15]) Z. S. 1259. [16]) ETZ S. 139. [17]) BBC-Mitteil. S. 10 [18]) ETZ S. 1171. [19]) Elektrizitätsw. S. 410.

Baustoffe für den Elektromaschinenbau Durchgreifende Fortschritte im Elektromaschinenbau sind besonders von der Verbesserung der Baustoffe zu erwarten. Gewisse Ansätze zu einer solchen Verbesserung können beobachtet werden: Erhöhung der Leitfähigkeit des Kupfers um 13 vH bei Einkristallkupfer; Verminderung der Eisenverluste bei Einkristalleisen[1]). Ebenso wichtig ist die Erhöhung der Durchschlagfestigkeit und Wärmebeständigkeit der Isoliermittel durch Verwendung neuartiger Grundstoffe. Hier ist zu nennen das Theolit[2]), ein Stoff, der durch Behandlung von Bakelit mit Schwefel entsteht, und ein neues Mikanit[3]), das statt mit Schellack mit einem neuen Klebemittel, Glyptal, hergestellt ist.

Schalt- und Meßgeräte Die 220/380 kV-Leitung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes ist gegen Ende vorigen Jahres fertiggestellt. Die Ausbildung der Schalter-, Hilfs- und Meßgeräte für diese Spannung ist erfolgreich durchgeführt worden. Die Frage der Vorkontaktschalter mit Schutzwiderständen ist bei uns immer noch nicht entschieden. Sie ist letzten Endes eine Frage des Sicherheitsgrades[4]), mit dem die Einzelteile einer Anlage gebaut sind.

Für die selbsttätige Ladung von Bleiakkumulatoren ist ein neuer Ladeschalter (nach Pöhler[5]) ausgebildet worden, der von dem steil ansteigenden Teil der Ladekurve an nach einer bestimmten Zeit die Batterie abschaltet, da dieser Teil der Ladezeit für eine bestimmte Zellenbauart von dem Entladezustand der Batterie vor Beginn des Ladens unabhängig ist.

Die unmittelbare Aufzeichnung von Ausgleichvorgängen: Überspannungen, Sprungwellen u. a., mit Hilfe des Kathodenoszillographen[6]) macht weitere Fortschritte. Mit einfachen Mitteln versuchen die Amerikaner und andre, diesen Erscheinungen mit dem Klydonographen[7]) näher zu kommen, bei dem aus der Form, Lage und Größe von elektrischen Glimmbildern auf einer photographischen Platte Schlüsse auf die Form und Größe von Überspannungswellen gezogen werden können.

Von andern Meßgeräten ist eine neue Form von Stromwandlern[8]) bemerkenswert, die für mehrere Meßbereiche umschaltbar sind, und zwar für die hohen Stromstärken als Schleifen- oder als Einleiterwandler. Die Verwendung von Kondensationsdurchführungen[9]) zu Meßzwecken in Anlagen höchster Spannung ist von den SSW durchgebildet.

Isolatoren Einteilige Hängeisolatoren aus Hartpapier[10]) mit entsprechender Schutzhülle gegen die Einwirkung der Witterung sind gebaut worden. Neue Formen von Stützisolatoren und mehrteiligen Hängeisolatoren sind auch im letzten Jahr auf den Markt gekommen, so daß man eine steigende Mannigfaltigkeit der Bauarten beobachten kann, die nicht ohne Widerspruch von seiten der Bezieher[11]), d. h. der Elektrizitätswerke, geblieben ist.

[C 2655] P. Reinisch.

[1]) Elektrizitätsw. S. 163. [2]) Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Bd. 182 (1926) S. 206. [3]) Gen. El. Rev. S. 757. [4]) ETZ S. 778. [5]) ETZ S. 929.

[6]) Archiv f. Elektrot. Bd. 15 (1925) Heft 4 und Elektrizitätsw. S. 307
[7]) Mitteil. der Hermsdorf-Schomburg-G. m. b. H. Heft 27 (1926) S. 813
[8]) Elektrizitätsw. S. 331. [9]) Siemenszeitschrift 1926 S. 493.
[10]) ETZ S. 1086. [11]) Elektrizitätsw. Juni-Sonderheft S. 34.

Abb. 1. 400 t-Schwimmkran, erbaut von der Demag, Duisburg, beim Bau der Mole für den Hafen von Bari[1]

Riesenschwimmkran

Das zum Bau des neuen und zum Zuschütten eines Teiles des alten Hafens von Bari gebrauchte Gestein wird den 7 km von der Stadt entfernten Steinbrüchen entnommen, die durch eine eigene Eisenbahn mit der Baustelle verbunden sind. Zum Bau der Außenmole sind bereits Millionen Tonnen Felsgestein aus den Steinbrüchen geholt und zum Hafen befördert worden. Diese werden auf hoher See versenkt und dienen als Grundlage für riesige Betonblöcke von 10 m Länge, 5 m Breite und 4 m Höhe bei 380 t Gewicht, die nach einem neuen Verfahren aus tuffischem Kalkstein in sechs Stunden hergestellt werden und einige Monate an der Luft trocknen müssen.

Für die Beförderung der Blöcke zur Baustelle der Mole ist ein 400 t-Schwimmkran nach Plänen der Demag gebaut worden, die auch die gesamte maschinelle Ausrüstung geliefert hat. Er besteht aus einem Portalaufbau mit 18,5 m Ausladung über Wasser. Bei ausgefahrener Katze ist die Entfernung von Mitte Block bis Bordkante 7,7 m. Im Vergleich mit der üblich gewordenen Bauart der Schwimmkrane, die mit wipp- und schwenkbarem Ausleger arbeiten, hat diese Ausführung den Vorzug, daß man die Last in einfachster Weise wagerecht bewegen und bei verhältnismäßig kleiner Deckfläche mehrere Blöcke auf das Kranschiff bringen und wieder abnehmen und versenken kann. Der Schwimmkran kann auf seinem Deck zugleich drei Blöcke von je 380 t Gewicht aufnehmen, seine Nutztragfähigkeit beläuft sich also auf mehr als 1000 t. Die Antriebmaschine für das Kranschiff leistet rd. 480 PS, für den Antrieb der Winde dient eine Zwillingsdampfmaschine stehender Bauart von 100 PS bei 7 at und 250 Uml./min.

In Abb. 1 wird der letzte Block von Deck mittels einer Aufnahmevorrichtung eigenartiger Bauart gefaßt, die rasches und sicheres Greifen ohne Bruchgefährdung der Blöcke ermöglicht, um durch Verfahren der Katze in den Ausleger gebracht und auf die bereits übereinander versenkten beiden andern Blöcke gesetzt zu werden. Eine ausführliche Beschreibung dieses Schwimmkranes mit weiteren technischen Einzelheiten wird demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden. [M 2690]

[1]) Vergl. a. VDI-Nachrichten Nr 51 vom 22. Dezember 1926.

RUNDSCHAU

Wasserkraftanlagen

Die Großwasserkraftanlage am Shannon

Seit etwa einem Jahre ist in Irland am Shannonfluß eine große Niederdruck-Wasserkraftanlage in Bau, deren Ausführung den Siemens-Schuckertwerken übertragen worden ist[1]).

Der Shannon, dessen mittlere Wasserführung etwa der der Oder bei Crossen oder der der Weser bei Bremen entspricht, durchfließt in seinem Mittellauf mehrere große Seen, deren Gesamtoberfläche etwa der Hälfte des Bodensees gleicht, Abb. 1. Im Unterlauf fällt der Fluß in einer Reihe von Stromschnellen in kurzer gefällreicher Strecke zum Atlantischen Ozean ab, so daß hier die Ausnutzung der bedeutenden Wasserkraft in einer Einzelstufe von im Mittel rd. 30 m Gefäll außerordentlich günstig ist.

Die großen Seen eignen sich vorzüglich dazu, den Wasserüberfluß des Shannon zu Hochwasserzeiten aufzuspeichern und dann als Zuschuß in Trockenzeiten wieder abzugeben. Sie werden zu diesem Zweck an den Stellen, wo sie der Shannon verläßt, durch Stauwehre abgeschlossen und sind dann infolge ihrer großen Oberfläche in der Lage, mit Spiegelschwankungen von wenigen Metern bis zu 827 Mill. m³ Nutzwassermenge aufzunehmen[2]).

[1]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 50 vom 15. Dezember 1926.
[2]) Die Edertalsperre, unsere größte deutsche Talsperre, hat einen Nutzinhalt von 200 Mill. m³.

Abb. 1. Geographische Lage des Shannonwerkes

Abb. 3. Das Krafthaus und die Schiffahrtschleuse nach einer Entwurfzeichnung

Die Seeufer werden da, wo das Gelände nicht schon von Natur steil ansteigt, durch niedrige Schutzdeiche geschützt, und das dahinterliegende Land wird durch Pumpwerke entwässert. Insgesamt werden 218 km solcher Deiche und 48 Pumpwerke errichtet, die die flachliegenden Teile der Seeufer, die jetzt alljährlich durch Hochwasser weithin unter Wasser gesetzt werden, in Zukunft vor Überflutung schützen. Durch diese Maßnahme werden gleichzeitig rd. 5000 ha Land, die jetzt nur wenig oder gar nicht bebaut werden können, zur intensiven landwirtschaftlichen Ausnutzung gewonnen.

8 km unterhalb der Stelle, an der der Shannon den letzten der großen Seen, den Derg-See, verläßt, wird auf einer sich quer durch das Flußtal ziehenden mächtigen Felsbank aus hartem Sandstein das Hauptwehr errichtet, das den Fluß um rd. 10 m aufstaut. Das Wehr wird, wie unsere großen neuen deutschen Wehre an der Mittleren Isar, am Inn und am Donau-Kachlet, als Schützenwehr gebaut und durch vier eiserne Schütztafeln von je 18 m Breite und 2,70 m Höhe und zwei Doppelschützen von je 10 m Breite und 10,90 m Höhe verschlossen.

Der 12 km lange Werkkanal, durch den das Wasser des Shannon dem Krafthaus zugeführt wird, erhält bei 90 m größter Spiegelbreite eine größte Wassertiefe von rd. 11 m und kann an seinem Einlauf durch drei große eiserne Schützen von je 25 m Breite und eine Schiffsdurchlaßschütze von 10 m Breite verschlossen werden. Der Kanal wird bis zu 600 m³/s abführen können.

Am Ende dieses Werkkanals wird das Krafthaus errichtet, dessen sechs Turbinen das Wasser durch je eine aus Flußstahl bestehende Rohrleitung von 6 m Dmr. zuströmt, Abb. 2. Die Turbinen werden als Francis-Spiralturbinen mit stehender Welle gebaut und können bei dem zeitweise auftretenden größten Gefälle von rd. 34 m je 38 500 PS erzeugen, zusammen also rd. 230 000 PS. Sie werden unmittelbar gekuppelt mit Drehstromerzeugern von je 30 000 kVA bei 10 500 V. Durch Transformatoren und Schaltanlagen wird der Strom dann für die Fortleitung und Verteilung auf 110 000 und 38 500 V herauftransformiert. Der Laufraddurchmesser der Turbinen, die zu den größten, überhaupt bisher gebauten gehören, wird 4½ m betragen.

Die Schiffahrt, die jetzt auf einem kleinen, veralteten Seitenkanal, der die Stromschnellen des Shannon umgeht, betrieben wird, soll später auf den neuen Kraftwerkkanal übergeleitet werden. Um den Schiffen dann den Aufstieg vom Unterwasser zum Oberwasser zu ermöglichen, wird neben dem Krafthaus eine Schleusenanlage mit zwei hintereinander liegenden Schachtschleusen von je 17 m größter Hubhöhe erbaut, Abb. 3. Jede Schleusenkammer erhält 6 m Breite und 38 m Länge und kann Schiffe bis zu 150 t Tragfähig-

Abb. 2. Schnitt durch Druckrohrleitung und Turbinenhaus

eit aufnehmen. Das Kraftwasser wird, nachdem es die 'urbinen verlassen hat, durch einen 1800 m langen Unter-anal dem alten Shannonlauf oberhalb der Stadt Limerick rieder zugeführt. Der Shannon tritt hier in das Ebbe- und 'lutgebiet ein und ergießt sich in einem langgestreckten leerbusen in den Atlantischen Ozean.

Die Baukosten werden für den ersten Ausbau, bei dem unächst nur drei Turbinen von zusammen rd. 115 000 PS ufgestellt werden, mit Freileitungsnetz und Schalthaus rd. 00 Mill. RM betragen, von denen etwa die Hälfte auf die loch- und Tiefbauten entfällt. Die erzielbare Jahres-rbeit schwankt bei der Wasserführung des Shannon zwi-chen 290 und 670 Mill. kWh jährlich und beträgt bei einem ahr mit mittlerer Wasserführung 462 Mill. kWh. Mit Hilfe er großen Speicherbecken der Seen wird die Stromerzeugung en Schwankungen des Bedarfs gut angepaßt werden kön-.en, so daß die Wasserkraftanlage am Shannon für eine leihe von Jahren für die Überlandversorgung Irlands aus-eichen wird.

Die Bauzeit der ganzen Anlage ist für den ersten Aus-au auf 3½ Jahre festgesetzt, so daß das Werk Anfang des ahres 1929 wird in Betrieb genommen werden können.

[M 2673] Sd.

Eisenhüttenwesen

)ie Einwirkung der Temperatur im Hoch-fen auf die Eigenschaften des Roheisens

Roheisensorten gleicher Zusammensetzung zeigen häu-ig völlig verschiedene Eigenschaften und erhebliche Güte-nterschiede. Ein Roheisen eines Werkes gibt harten Guß, rährend eines andrer Herkunft, aber derselben chemischen Zusammensetzung weichen Guß liefert. Wie E. Piwo-varsky[1]) zeigt, erstarrt dieselbe Roheisen- oder Guß-isensorte bei gleicher Gießtemperatur und völlig gleichen netallurgischen und gießereitechnischen Voraussetzungen, venn nur eine Veränderliche, nämlich die voraufgegangene iöchste erreichte Erhitzungstemperatur, geändert wird, mit vechselndem Graphitbildungsverhältnis. Nach seinen Ver-uchen scheint jedem flüssigen Roheisen und Gußeisen in bestimmter, von der chemischen Zusammensetzung ab-ängiger kennzeichnender Temperaturbereich zuzukommen, ei dessen Überschreitung es zunehmend dazu neigt, grau u erstarren. Bei dem hohen Einfluß, den also die Über-itzung auf die Graphitbildung hat, lag es nahe, die Ver-chiedenheit der angewendeten Windtemperatur als die Ur-ache für die im Betriebe festgestellten Güteunterschiede nzusehen.

Zur Klärung dieser Frage ließ Alfons Wagner[2]) bei erschiedenen Windtemperaturen unter sonst völlig glei-hen Bedingungen in zwei Hochöfen, deren einer (Ofen I) nit Wärmeausgleichern nach Gjers und durchaus gleich-leibender Windtemperatur von 550 °C betrieben, während ler Wind des andern (Ofen III) in Winderhitzern nach Cowper auf durchschnittlich 850 bis 950 °C vorgewärmt vurde, Roheisen erblasen und untersuchte je sechs verschiedene Abstiche mit ungefähr entsprechenden Gehalten an Silizium und Gesamtkohlenstoff chemisch, netallographisch sowie auf Härte-, Zerreiß- und Biegefestigkeit. Es ergab sich eine gewisse Unregelmäßig-keit in der Zusammensetzung, besonders im Graphitbil-lungsverhältnis, bei den Proben aus dem Ofen III, doch var sie nicht durch den Unterschied der Windtemperatur elbst, sondern durch das verhältnismäßig starke Tempe-aturgefälle in einer Windperiode verursacht. Diese Unter-uchungen, deren umfangreiche zahlenmäßige Belege, Schau-inien und Lichtbilder in Wagners Veröffentlichung[2]) ein-gesehen werden müssen, zeigten:

Ein grundsätzlicher Unterschied in den Roheiseneigen-chaften, der auf die Windtemperatur zurückgeführt werden könnte, ist nicht nachweisbar. Das widerspricht scheinbar len Ergebnissen von Piwowarsky und früheren Feststel-ungen über den maßgebenden Einfluß der Höhe der Tempe-atur auf den Kohlenstoffgehalt des Roheisens. Wagner erörtert deshalb zur Erklärung des scheinbaren Wider-pruches den Begriff Temperatur. Bei den Vorgängen im Hochofen ist mehr als bei andern hüttenmännischen Ver-ahren der grundsätzliche Unterschied in der Wirkung von rockener und flüssiger Wärme zu beachten. Der durch-schnittliche Wärmeinhalt von 1 t flüssiger Hochofenschlacke kann zu 440×10^3 kcal angenommen werden, 1 t Eisen nthält dagegen nur etwa 210×10^3 kcal. Der flüssige Wärmeträger, die Schlacke, hat also einen überragenden värmetönenden Einfluß gegenüber der trockenen Wärme, lie als Wind oder Gas im Hochofen durchgesetzt wird. Zwar bestätigt die Wärmebilanz diese Überlegenheit nicht, doch berücksichtigt sie auch nicht, daß Wind und Gas ihren Weg im Gegenstrom zur Beschickung im Hochofen nehmen, während der flüssige Wärmeträger, die Schlacke, mit dem niedertropfenden Eisen geht. Zahlreiche Beispiele für die stark wärmetönende Wirkung und große Bedeutung der Schlackenmenge für die Eigenschaften des Roheisens sind bekannt. Auf der stark wärmetönenden Wirkung der Schlacke, nicht auf der Eigenart der verwendeten Rot- und Brauneisensteine, beruht die weichmachende Eigenschaft des Buderus-Eisens, das mit durchschnittlich 120 vH Schlackenmenge, auch mit größerer, erblasen und besonders gern für leicht bearbeitbaren Feinguß gebraucht wird, der möglichst ferritisches Gefüge haben muß. Unter ähnlichen Bedingungen erbläst auch das Württembergische Hütten-amt Wasseralfingen weiches Roheisen, und die anerkannten Vorzüge mancher englischen Roheisensorten sind nur auf den bedeutenden Überschuß an Schlacke oder, was das gleiche ist, auf Verhüttung eisenarmer Erze zurückzuführen.

Da die Eigenart solcher Erze reichliche Schlacken-führung fordert, steigt der Koksverbrauch und mit ihm der Roheisenpreis. Die Ermittlung der untersten Grenze der nötigen Schlackenmenge ist daher von größter wirtschaft-licher Bedeutung. Eindeutige und allgemein gültige Fest-stellungen sind hierfür aber nicht möglich; denn der von Piwowarsky für die graphit- und karbidfördernde Wirkung gekennzeichnete Temperaturbereich, in diesem Fall also die Schlackenmenge, hängt ab von der chemischen Zusam-mensetzung des Roheisens. Für dessen weich- oder hart-machende Eigenschaft kommt es vor allem auf seinen Koh-lenstoffgehalt an. Dieser schwankt bisweilen bei ein und derselben Sorte aus dem gleichen Ofen um ±0,5 vH. Die Ursache dieses Wechsels liegt außer an andern, hier nicht zu besprechenden Ursachen, oft auch an einem unerwünsch-ten Bleigehalte des Möllers. So arbeitet manchmal ein Hoch-ofen mit der geringsten Schlackenmenge von 40 vH längere Zeit störungsfrei, bis sich eines Tages die chemische Zu-sammensetzung des Roheisens durch abnehmenden Kohlen-stoffgehalt so verändert, daß zum Erreichen der gewohn-ten graphitfördernden Wirkung eine höhere kritische Tem-peraturgrenze, also größere Schlackenmenge, notwendig wird. Bei einem Überschuß von Schlacke machen sich natürlich die Folgen der durch veränderten Kohlenstoff-gehalt möglichen Verschiebung der kritischen Temperatur nicht geltend. Wagner untersucht auch den Zusammen-hang zwischen Schlackenmenge und Durchsatzzeit auf die Güte des Roheisens und will hierüber demnächst berichten.

Auch die Schmelzbarkeit der Schlacke ist wichtig. Sie soll schon in den oberen Ofenteilen in flüssigem Zustande wärmetönend auf die niederfallenden Eisentropfen wirken. Das Aufgeben leicht schmelzender Zusatzschlacke erhöht auch nicht den Koksverbrauch so sehr wie das zu ver-werfende Vermehren der Schlacke durch Rheinkies und Kalk. Schwefelarme Stückschlacke von alten Halden ist ein empfehlenswerter Zusatz. Die Güte des Roheisens aus dem Holzkohlen-Hochofen beruht vielleicht mit auf dem ganz besonders niedrigen Schmelzpunkt der bei diesem Be-trieb üblichen Bisilikatschlacken.

Auch der Grad der Basizität der Schlacken ist wich-tig. Hochbasische sind zäherflüssig als saure; die Zäh-flüssigkeit bewirkt eine starke Wärmeanhäufung im Gestell, so daß sogar in bestimmten Fällen bei der kalkreicheren Schlacke größere Mengen Silizium reduziert werden. Dieser Eigenschaft bedient man sich beim Umsetzen auf warme Eisensorten. Hohe Temperatur im Gestell begünstigt die Bildung von großflockigem Graphit im Roheisen.

Unerwünschte Bildung von Garschaumgraphit kann auch bei gleichbleibender Schlackenmenge vorkommen, wenn im Gestell aus irgendwelchen Gründen mit der Zeit die Wärmeanhäufung besonders groß geworden ist. Ein Hochofenwerk im Minettebezirk vermeidet das durch zeit-weilige Führung saurer Schlacke.

Mangelnde Wärmetönung eines Roheisens durch flüs-sige Wärme im Hochofen kann man durch trockene bei der Nachbehandlung oder Verarbeitung im Flammofen oder im heizbaren Mischer ausgleichen. Auf dieser Möglichkeit und der, auch zu überhitzen, beruht die große Bedeutung des Flammofens bei der Herstellung hochwertigen Guß-eisens. Unzureichende Wärmetönung des Roheisens macht sich sehr empfindlich bei der Gußeisenerzeugung im Kuppel-ofen geltend; denn dieser vermag bei seiner kurzen Durch-satzzeit nicht im gleichen Maße das Eisen zu überhitzen. Wie weit man durch Ändern der Zusammensetzung und der Menge der Schlacke auch im Kuppelofen eine gewisse Wärmetönung (Überhitzung) erreichen kann, wird zur Zeit von Wagner noch untersucht.

Auf die Erzeugung von Thomas-Roheisen lassen sich die erörterten Nutzanwendungen nicht ohne weiteres über-tragen. [N 2246]

Berlin Dr.-Ing. Martin W. Neufeld.

[1]) Ber. Werkstoffausschuß V. d. Eisenh. Nr. 63 (1925); „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1455.

[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1005.

Gießerei

Herstellung künstlicher Formsande und Verbesserung natürlicher und gebrauchter Sande

Die in den Metallgießereien verwendeten Formsande müssen gewisse Eigenschaften aufweisen, die sie bezüglich ihrer Güte und Geeignetheit kennzeichnen. Die wichtigsten dieser Eigenschaften sind eine bestimmte Festigkeit der aus ihr hergestellten Formen und Gasdurchlässigkeit. Die Formen müssen den vor und während des Gießens auftretenden mechanischen Beanspruchungen Widerstand entgegenstellen und während des Gießens eine bestimmte Menge Gas abhängig von der Art und Größe des Formstückes durch die Formschicht ableiten. Beim Guß von Metallen mit hohen Schmelzpunkten wird von den Formsanden noch die Feuerbeständigkeit verlangt. Einzelne Teile der Form dürfen mit der Gußoberfläche nicht zusammensintern.

Die in der Natur vorkommenden und überwiegend in den Formereien verwendeten Sande müssen als ein Zufallserzeugnis angesehen werden, das nur in seltenen Fällen das Höchstmaß von den geforderten Eigenschaften aufweist.

Die Gasdurchlässigkeit einer aus einem Formsand hergestellten Form steht in Beziehung mit den in den Sanden vorkommenden Korngrößen in dem Sinne, daß sie um so größer ist, je gröber die Körnung ist. Diese einfache Beziehung liegt bei den natürlichen Formsanden nicht vor, weil ein Teil der Sandkörner nicht die angenäherte Kugelgestalt hat, sondern eine sehr unregelmäßig geformte und zerklüftete Oberfläche zeigt[1]). Man kann daher bei diesen natürlichen Formsanden nicht sagen, daß die Gasdurchlässigkeit durch Bemessung der Korngrößen festgelegt werden kann, oder daß die Bestimmung der Korngrößen oder auch des Porenraumes ein Maß für die Gasdurchlässigkeit ist.

Die Festigkeit einer Form wird durch die Gegenwart von in Gelform befindlichen Kolloiden und von Sandkörnern mit gelartigen Oberflächen hervorgerufen. Versuche haben ergeben, daß die Festigkeitswerte um so größer sind, je kleiner die Korngrößen der Kolloide sind[2]). Auf Grund dieser Erkenntnisse lassen sich künstliche Formsande herstellen, und zwar verwendet man als Ausgangstoffe reine Quarzsande, am besten Fluß- oder Seesande, die gegebenenfalls mit Wasser noch ausgewaschen werden können und dadurch frei von allen sinternden und kolloidalen Stoffen werden. Aus diesen Sanden werden in geeigneter Weise bestimmte Korngrößen abgesondert; sie können durch Absieben mit Sieben verschiedener Maschenweite oder durch ein geeignetes, an sich bekanntes Sedimentierverfahren abgeschieden werden. Beispielsweise wird auf diesem Wege die Korngröße von 0,05 mm Dmr. abgeleitet. Diese Quarzkornklasse wird vermischt mit einer bestimmten Menge von feinsten Tonkörnern, die ebenfalls durch Sedimentieren abgeschieden wurden. Zu diesem Zweck werden reine Tone fein gemahlen, mit Wasser aufgeschlämmt und in großen Standgefäßen zum langsamen Absetzen gebracht. Man läßt die nach Verlauf einer längeren Zeit noch vorhandene Trübe in ein benachbartes Standgefäß überlaufen, so daß in dem einen Gefäß nur Tonkörner größeren Durchmessers zurückbleiben, während in dem zweiten Gefäß nur solche feinster Körnung enthalten sind. Diese sondert man durch Absetzenlassen vom Wasser ab und verwendet sie zur Vermischung mit den Quarzkörnern. Beispielsweise beträgt die Absetzzeit von Tonkörnern, die kleiner als 0,002 mm sind, in einem Standgefäß von 70 cm Höhe mehr als 60 h. In diesem Falle würde man nach 60 h die Trübe in das zweite Standgefäß überlaufen lassen. Der Bodensatz des ersten Standgefäßes wird erneut durch Mahlen zerkleinert und wieder aufgeschlämmt, Das Quarzkorn-Haufwerk wird mit 5 bis 10 vH der feinsten Tonschlämmung vermischt unter Anwendung von Mischschnecken oder ähnlichen Einrichtungen und liefert dann einen gebrauchsfertigen Formsand.

Je nach Verwendungszweck, nach Anforderungen der Festigkeit und Gasdurchlässigkeit wählt man die Quarzkorngrößen und den Zusatz an Tonkolloiden in dem Sinne, daß die Gasdurchlässigkeit mit steigender Quarzkorngröße anwächst und daß die Festigkeit mit kleineren Tonkorngrößen zunimmt. Da der Tonzusatz die Gasdurchlässigkeit beeinträchtigt, wenn er in größeren Mengen beigegeben wird, muß bei solchen Sanden, die hohe Gasdurchlässigkeit und Festigkeit haben sollen, das Tonkorn entsprechend klein gewählt und bei den Quarzkorngrößen ebenfalls eine Auswahl getroffen werden. Es ist natürlich angängig, nicht nur mit einer Gruppe von Quarzkorngrößen zu arbeiten. Es gibt zwar Verfahren, natürliche Formsande durch Zusatz von Tonaufschlämmungen und ähnlichen Stoffen zu verbessern. Jedoch haben sie nur zum Ziel, höhere Festigkeitswerte zu erreichen und haben stets eine Verringerung der Gasdurchlässigkeit zur Folge. Nach dem vorliegenden Verfahren kommt es darauf an, daß sowohl die Quarzkorngrößen als auch die Tongrößen entsprechend dem beabsichtigten Ziele ausgewählt werden, so daß eine Festigkeitssteigerung nicht zwangläufig mit einer Verschlechterung der Gasdurchlässigkeit verbunden ist.

Die Erzeugung von als Bindemittel wirkenden Gelen kann auch dadurch herbeigeführt werden, daß einem Haufwerk einer Quarzkorngröße, die wie oben beschrieben hergestellt wurde, eine bestimmte Menge von Schwefelsäure oder ähnlich wirkenden Lösungsmitteln zugesetzt wird. Die Schwefelsäure hat die Eigenschaft, auf den Oberflächen der Körner einen geringfügigen Lösungsvorgang zu verursachen und durch Solvatation, d. h. durch Verdunstung des Lösungsmittels, eine Gelschicht zu bilden. Stark wirkende Lösungsmittel, z. B. Salzsäure, rufen diese Wirkung nicht hervor, da sie echte Lösungen erzeugen, aus denen durch Verdunstung kristalline Abscheidungen auftreten. Die Versuche haben ergeben, daß bei einer bestimmten Konzentration der Schwefelsäurelösung, die bei etwa 100 Millimol liegt, das Höchstmaß der Gelbildung erreicht wird. Ein größerer Säurezusatz beeinträchtigt die Gelbildung ebenso wie ein geringerer. In ähnlicher Weise wie Schwefelsäure wirkt die im Handel vorkommende Sulfitlauge, die ebenfalls nur günstige Ergebnisse liefert, wenn sie in bestimmten Mengen Anwendung findet.

Durch Anwendung dieses Verfahrens wird nicht nur ein Formsand von hoher Festigkeit gewonnen, sondern auch von einer Gasdurchlässigkeit, die höher liegt als beim Zusatz von Ton. Der Tonzusatz übt einen Einfluß auf die Bildsamkeit der Masse aus, verbessert also eine Eigenschaft, die bei der Herstellung sehr kleiner und empfindlicher Formen wertvoll ist. Es ist möglich, sowohl durch Tonzusatz als auch durch gleichzeitigen Säurezusatz beide Verfahren zu vereinigen und einen Formsand herzustellen. Beim Erhitzen der Formen während des Gießens erleiden die Gele eine Veränderung in dem Sinne, daß sie, nachträglich mit Wasser angefeuchtet, nicht wieder zu Gelen umgewandelt werden können. Dieser Vorgang ist aber erneut möglich, wenn ein solcher Sand in der beschriebenen Weise mit Schwefelsäure bestimmter Konzentration behandelt wird. Daher ist das Verfahren auch geeignet, gebrauchte Formsande wieder brauchbar zu machen oder natürliche Formsande zu verbessern. Die künstlichen Formsande haben gegenüber den natürlichen Sanden den Vorteil, daß sie kein Zufallserzeugnis sind, sondern daß sie in ihren Eigenschaften im voraus durch geeignete Auswahl der Korngrößen und durch Solvatation bestimmt und hergestellt werden können. Die mit ihnen hergestellten Gußformen haben vollkommen glatte Oberfläche, da ein Sintern des Sandes vermieden wird. Wenn daher die Herstellungskosten eines künstlichen Formsandes in vielen Fällen höher sein werden als die Gewinnungskosten eines natürlichen Sandes, so werden diese Mehrkosten aufgewogen durch das bessere Aussehen der Gußoberfläche und durch die Ersparnis an Putzarbeiten. [N 1946]

Breslau Prof. E. Diepschlag.

Eisenkonstruktionen

Stahlhäuser[3])

Schon seit einigen Jahren macht sich bei der eisenverarbeitenden Industrie Englands das Bestreben bemerkbar, das Eisen in weitgehendem Maße für den Kleinhausbau nutzbar zu machen. Dazu müssen Bauarten geschaffen werden, die in wirtschaftlicher, gesundheitlicher und schönheitlicher Beziehung für die Anlage von Siedlungen genügen und dazu mit dem überlieferten Baugewerbe erfolgreich in Wettbewerb treten können; namentlich auch bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit. In Amerika führte die Entwicklung des Kleinhausbaues vom Holzbau ausgehend ebenfalls zu dem Wunsch, für die tragenden Teile, noch mehr als für die deckenden, Stahl an Stelle des durch Raubbau langsam teurer werdenden und außerdem leicht feuergefährlichen Holzes zu verwenden. Das deutsche Interesse für einen Stahlhausbau kann sich also auf vorliegende ausländische Erfahrungen stützen, wenn es auch fraglich ist, ob einige Siedelungsverbände des deutschen Westens den richtigen Weg damit einschlagen, daß sie sich um Bauerlaubnis für eine englische Ausführung bemühen.

Die Verwendung von Eisen im Kleinhausbau läßt sich danach kennzeichnen, ob das Eisen nur zu den tragenden Teilen, dem Gerippe, verwendet wird oder zu den decken-

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 649.

[2]) Vergl. Diepschlag, Über die Konstitution der Formsande, „Die Gießerei" Bd. 13 (1926) S. 125.

[3]) Vergl. den gleichnamigen Aufsatz von Cajar, Berlin, im „Bauingenieur" Bd. 7 (1926) S. 582.

…n und wandbildenden Flächen oder etwa zu beidem; als …gentliche Stahlhausform schließlich könnte die gelten, …i der das Eisen als gleichzeitig tragende und ausfüllende …onstruktion wirkt. Für jeden dieser Fälle bestehen in …ngland bereits ausgebildete Bauweisen, deren Hauptmerk…ale nachfolgend mit Namen kurz aufgeführt seien. An…hließend sollen dann die in Amerika und Deutschland be…anntesten Stahlhausbauweisen gekennzeichnet werden.

Fast bei allen Formen handelt es sich um Kleinhäuser …n etwa drei Stuben mit Küche und Nebenräumen, mit …itzem Dach, die teils eingeschossig und einzeln, teils in …aublocks zu vieren vereinigt errichtet werden; gewöhnlich …ehen sie auf einem einfachen Betonsockel, mit dem sie …t noch verschraubt und gegen den sie abgedichtet sind. …ie Kosten für eine solche Wohnung schwanken zwischen …00 und 9000 ℳ.

Die Dennis-Bauweise errichtet in kürzester Zeit …n vollständiges Gerippe; Riegel und Träger werden an …e aufgestellten Stahlpfosten geschraubt, so daß alle weite…en Arbeiten unter Dach ausgeführt werden können. Drei …rbeiter sollen in sieben Stunden das Gerippe für einen …lock von vier Häusern aufstellen können. Die unteren …ände werden massiv ausgemauert, die oberen leichter mit …hiefern oder Dachziegeln verkleidet. Etwas grundsätzlich …eues liegt nicht in dieser Bauart, sie schließt sich den im …erikanischen Hochhausbau üblichen Verfahren an. …amentlich im nördlichen England erfreut sie sich großer …eliebtheit.

Das Weir-Haus wird als ein Holzfachwerkhaus be…eichnet, das von außen mit Stahlplatten verkleidet ist; eine …oppelzellen-Luftschicht soll als Schutz dienen gegen große …ärmedurchlässigkeit und gegen die Bildung von Schwitz…asser, das Rosten des Eisens zur Folge hätte. Die Un…eziefergefahr soll nach dem Urteil des englischen Wohl…ahrtsministeriums nicht größer sein als bei andern Wänden …it derartiger Innenverkleidung. Ein ähnliches Haus wird …on der Firma Consteelwood & Co. herausgebracht, …essen Unterschied gegen das Weir-Haus darin besteht, daß …ie Wände beiderseits mit dünnen, 0,5 mm dicken …lechen verkleidet werden, zwischen denen ein hölzernes …egal mit trockenen Asbeststeinen ausgefüllt ist; bei der …einheit der Bleche ist ein besonders guter äußerer Farb…nstrich notwendig. Fach- und Rahmenwerk aus Stahl…ägern mit Verkleidung von Stahlplatten vereinigt das …tholl-Haus. Die Innenflächen der Platten sind hier …it einer besonderen Masse zur Verhinderung von Schwitz…asser versehen.

Ein Beispiel für ein eigentliches Stahlhaus gibt die …elford-Bauweise. 3 mm dicke Bleche, 3 m lang …nd 1 m breit, werden am Rand umgebogen und die ent…tandenen 6 cm breiten Flanschen miteinander verschraubt. …ie so gebildeten Wandflächen tragen sich selbst und die …eckenträger und bedürfen keiner Stützkonstruktion. Die …alken der Zwischendecke bestehen aus 3 mm dicken …nd 200 mm hohen Blechstreifen mit beiderseitiger verbolz-

Abb. 7 bis 11. Phönix-Bauweise

ter Holzauflage, die durch besondere, wagerecht umlaufende U-förmige Zwischenstücke aufgenommen werden, wie Abb. 4 bis 6 zeigen. Die innere Verkleidung besteht aus 9 mm dickem Asbestschiefer; der verbleibende 80 mm weite Luftraum wird durch ein Wärmeschutzmittel ausgefüllt. Von ähnlicher Konstruktion sind die Häuser der Eclipse Foundry & Engineering Co., die aus gußeisernen Platten von 65 × 65 cm² mit 5 cm breiten Flanschen bestehen. Sie sind innen mit Holz verkleidet und mit Asbestplatten benagelt, der Zwischenraum ist mit Schlackenwolle als Ungeziefer- und Wärmeschutz ausgestopft.

Der amerikanische Stahlhausbau kennt wohl Stahlfachwerkhäuser, die auch mit Stahlblechen verkleidet werden, wie z. B. das Weldcrete-Haus. Aber zum Unterschied von der englischen Industrie, die eine durchkonstruierte Bauart aufstellbereit in der Werkstatt fertigmacht, fertigen die Amerikaner besonders Einheitsrahmen aus ⊏-Eisen oder Winkeleisen, die ebenfalls mit Blechen beschlagen werden. Solche Rahmen sind etwa 1,8 × 1,1 m² groß

Abb. 4 bis 6. Telford-Bauweise für Stahlhäuser

Abb. 12. Querschnitt durch die Wand eines Stahlhauses, Bauart Eisenwerk Gebr. Wöhr

Abb. 13. Querschnitt durch die Wand eines Stahlhauses, Bauart Scherrer

Abb. 12

Abb. 13

und können also noch leicht gehandhabt werden; den Zusammenbau kann man jedem einigermaßen mit Lot, Winkel und Schraubenschlüssel gewandt umgehenden Arbeiter überlassen. Bekannt sind die Namen: Stuko-Stahlhaus (William Horn Structural Iron Works) und Broderick-Stahlfachwerkhaus.

Der Kleinhausbau mit vereinheitlichten Einzelteilen ruft nicht so den Widerspruch aller Baustoffhändler und Bauunternehmer hervor, als der Bau von reihenweise in der Werkstatt geschaffenen ganzen Häusern, durch den sich die bestehenden Gewerbe in ihrem Bestand bedroht fühlen. Es darf nicht verwundern, wenn der Bau von Stahlhäusern auf den Widerstand der Massivbau-Unternehmer und die Abneigung der im Vorurteil befangenen Bevölkerung stößt. Diese Hindernisse werden nachdrücklich überwunden durch das Beispiel großer Stahlhaus-Siedelungsanlagen von Gemeinden und Verbänden, für die aber in Deutschland bislang die Finanzlage zu ungünstig war. Trotzdem besitzen wir bereits eigene Bauweisen, die sich zur Reihenaufstellung eignen. Stahlgerippe mit Massivausmauerung bringt die Siedlungsbauweise Albert Wagner und die Phönix-Bauweise, Abb. 7 bis 11. Diese bedient sich geformter Betonplatten, die in einfachster Weise über die Flanschen der Stahlträgersäulen gestreift werden, was auch den Bau von mehrstöckigen Häusern gut erlaubt. Das Stahlhaus vom Eisenwerk Gebr. Wöhr setzt sich aus Holzrahmen von rd. 2,5 m Höhe und 1 m Breite zusammen, die außen mit verzinktem Blech, innen mit doppelter Gipsdielenwand bekleidet sind und damit gegen Wärmedurchlässigkeit wie gegen Schwitzwasser hinreichenden Schutz bieten, Abb. 12. Alle Einzelheiten dieser Bauweise sind in der Fabrik genau vorgearbeitet und lassen sich in etwa einer Woche zum fertigen Haus zusammensetzen. Ebenfalls aus Tafeln besteht das Scherrer-Haus. Statt Holz benutzt es aber U-Sonderformeisen, beide Seiten werden mit Blechen beschlagen und der Zwischenraum mit Torfoleum ausgefüllt. An die Zimmerseite kommen Gipsdielen oder Enso-Platten, Abb. 13. Fertig ausgebildete Volltafeln, Fenstertafeln und Türtafeln ermöglichen einen Aufbau in kürzester Zeit. Neuerdings wird auch ein Versuchshaus gebaut, das aus umgebördelten stählernen Blechlamellen von $3 \times 1\,m^2$ Größe zusammengeschraubt wird[1]).

Auf die schnelle Errichtung gründen sich hauptsächlich die Hoffnungen des Stahlhausbaues: die Konstruktionsteile sollen durch weitestgehende Ausnutzung aller Vorteile von neuzeitlichen Eisenwerkstätten reihenweise so weit fertiggemacht werden, daß zum Aufbau des Hauses eine kurze Tätigkeit ungelernter Arbeiter genügt; damit wird der Baustoffabfall vermindert, der Bau unabhängiger von der Jahreszeit, die Instandhaltung vereinfacht und die Feuergefahr geringer. Es liegt im Interesse unserer gesamten Volkswirtschaft, daß sich der deutsche Stahlhausbau durchsetzen kann. [M 2185]

Berlin E. T. Zehme.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1085.

Kleine Mitteilungen

Viertaktmotor mit veränderlichem Hub

Den vielfach vorgeschlagenen Gedanken, bei Viertaktmotoren die Zeit des Ansaugens und Verdichtens zwecks besserer Wärmeausnutzung kürzer zu bemessen als die für Expansion und Auspuff, hat die Firma Citroen in einem nach der Bauart Andreau ausgeführten Einzylindermotor verwirklicht. Der Motor hat zwei durch Pfeilräder gekuppelte Kurbelwellen, deren Drehzahlen sich wie 1 : 2 verhalten. Die Zapfen sind nicht unmittelbar durch Pleuelstangen mit dem Kolben verbunden, sondern von je zwei zusammengehörigen Zapfen führt ein Lenkerpaar nach dem Kopfende einer Pleuelstange. Durch dieses Getriebe wird eine Kolbenbewegung erzeugt, die bei zwei aufeinanderfolgenden Spielen vier verschieden lange Hübe ergibt; diese verhalten sich wie 1,3 : 1 : 2,7 : 3 und werden in dieser Reihenfolge für Ansaugen, Verdichten, Expansion und Auspuff ausgenutzt. Als besonderer Vorteil des verlängerten Entspannens und Ausschiebens der Brenngase wird der verringerte Kühlwasserverlust geltend gemacht, der ermöglicht, auch bei ortfesten Anlagen Luftkühlung zu verwenden. Der zugehörige Ventilator sitzt auf der schnelllaufenden Kurbelwelle.

Der Motor wird vorerst nur als Einzylindermotor von 4,5 PS für ortfeste Zwecke gebaut und mit zwei Riemenscheiben von verschiedener Größe geliefert, die man auch umspannen kann; so lassen sich Riemengeschwindigkeiten von 4, 6, 8, 12, 17 und 24 m/s abnehmen. Bei Versuchen des Conservatoire des Arts et Metiers hat ein solcher Motor bei 1300 Uml./min und Betrieb mit Benzin von 0,727 sp. Gew. einen Mindestverbrauch von 173 $g/PS_e h$ ergeben. Die Leistung war nur um 8 vH geringer als die erreichbare Höchstleistung, und nach 3,5 h Dauerbetrieb betrug die Öltemperatur nur 56 °C. („Le Génie Civil" 4. Dezember 1926.) [N 2715 a] H.

Einzel-Kohlenstaubmühlen im Cahokia-Kraftwerk

Die Frage, ob es wirtschaftlicher ist, Kohlen in Großaufbereitungen oder in Einzelmühlen zu vermahlen, ist bis heute noch nicht endgültig entschieden. Um für die örtlichen Verhältnisse im Cahokia-Kraftwerk festzustellen, welche Anlage technisch und wirtschaftlich besser sei, baute man an einem Kessel von 1675 m² Heizfläche, der bisher mit einer Zentralmahlanlage gearbeitet hatte, versuchweise zwei Einzelmühlen (Einheitsbauart) ein. Als Brennstoff verwendete man ungetrocknete Kohle der Zeche Kathleen der Union Coliery Co. mit hohem Aschengehalt und niedrigem Schmelzpunkt. Obwohl sich dieser Brennstoff viel schlechter verarbeiten ließ als hochwertige Kohle und auch bei der Verbrennung gewisse Schwierigkeiten machte, stieg der Kesselwirkungsgrad bis 85 vH; der CO_2-Gehalt betrug 14 bis 15 vH, die Abgastemperatur 250 bis 270°. Der Kessel hatte an beiden Seiten an der Rückwand und über dem Aschenfall wassergekühlte Rohre. Nach 200 Betriebstunden waren aber auch die ungekühlten Teile des Mauerwerkes noch vollständig erhalten. Die Versuche haben ergeben, daß man ungetrocknete Kohle aus Einzelmühlen mit dem gleichen Wirkungsgrad verfeuern kann, wie getrocknete Kohle aus Zentralmahlanlagen. („Power" 30. November 1926 S. 806.) [N 2715 b] Pt.

Kreiselvorbrecher mit 2000 t/h Leistung

Für die Kupfergrube Chuquicamata[1]), Chile, sind zwei große, je 500 t wiegende Kupfererz-Kreiselvorbrecher mit rd. 2000 t/h Leistung von der Allis-Chalmers Mfg. Co., Milwaukee, fertiggestellt worden. Jeder Brecher kann mit 70 t Erz bei Stücken bis zu 7 t Gewicht beschickt werden; die zerbrochenen Stücke haben höchstens 300 mm Dmr. Jeder Brecher ist durch eine bewegliche Kupplung unmittelbar mit einem 500 PS leistenden Motor verbunden. Sehr schwierig gestaltete sich der Versand des Brechers. Die einzelnen Teile wurden in 25 Eisenbahnwagen zu einem Ozeandampfer befördert. Aus diesem mußten sie auf offener See bei Antofagasta in Leichter geladen werden. Eine Schmalspur-Gebirgsbahn (762 mm) beförderte die Teile dann zu den in rd. 3000 m Höhe liegenden Kupfererz-Lagerstätten. („The Iron Age" 2. Dezember 1926 S. 1570*.) [N 2715 c] Gw.

Das Motorschiff „Tampa"

Das amerikanische Schiffahrtsamt läßt zwölf seiner Dampfer mit Dieselmaschinen ausrüsten. Der Umbau des ersten dieser Schiffe, „Tampa", in ein Motorschiff ist von der Newport News Shipbuilding & Drydock Co. kürzlich beendet worden. Das Schiff hat eine doppeltwirkende Zweitaktmaschine mit 2900 Wellen-PS Leistung erhalten, womit es 11½ Kn Geschwindigkeit erreicht. Außer der Hauptmaschinenanlage sind auch die Hilfsmaschinen zum großen Teil durch neue für elektrischen Betrieb ersetzt worden. Die gesamte Maschinenanlage wiegt rd. 700 t. Der Umbau hat 541 022 $ gekostet. Das Schiff hat 5959 B.-R.-T. Raumgehalt und ist 122,5 m lang zwischen den Loten. („Motorship" Dezember 1926 S. 903.) [N 2715 e] W. Schm.

Motorschiff „Augustus"

Das für die „Navigazione Generale Italiana" erbaute Fahrgastschiff „Augustus" ist 240 m lang bei 28 m größter Breite und hat 32 000 t Verdrängung. Zum Antrieb dienen vier doppeltwirkende Sechszylinder-Zweitakt-Dieselmotoren, Bauart MAN, die bei 120 Uml./min je 6250 PS dauernd leisten. Der Zylinderdurchmesser beträgt 700 mm bei 1200 mm Hub, die normale Geschwindigkeit 20, die Höchstgeschwindigkeit 21,75 Kn. Die Hilfsmaschinenanlage, die in einem besonderen Raum untergebracht ist, vermag 4750 PS zu erzeugen. Das Schiff ist kürzlich vom Stapel gelaufen. („The Engineer" 17. Dezember 1926 S. 653.) [N 2715 d] Sd.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1145.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501.)

Blöcke und Kokillen. Von A. W. und H. Brearly. Deutsch von F. Rapatz. Berlin 1926, Julius Springer. 142 S. m. 64 Abb. Preis 13,50 ℳ.

Die als ausgezeichnete Stahlwerker auch in Deutschland bekannten Verfasser haben eine seltene Begabung, schwierige Vorgänge gemeinverständlich darzustellen. Das von ihnen angewandte Verfahren des Schmelzens von Stearin, um eine Reihe von Fragen, die Blöcke und Kokillen betreffen, klarzustellen, kann als Schulbeispiel für Unterrichtzwecke bezeichnet werden. Mit sehr geringen Kosten und völliger Gefahrlosigkeit wird die Bildung von Lunkern und Schwindhohlräumen veranschaulicht, ebenso der Einfluß der Gestalt und der Abmessungen der Kokillen, der Vorteil von Warmhauben, der Einfluß der Gießtemperatur auf die Entstehung von Fehlern und auf die Festigkeit der Blöcke, und schließlich die Anordnungen und die Folgen der Seigerungen. Von großem Nutzen können die Versuche auch im Gießereibetriebe sein, um die Ursachen und Folgen von Rissen, die in Gußstücken von bestimmter Form unbedingt auftreten müssen, zu zeigen.

Ganz besondern Wert legen die Verfasser auf die Gießtemperatur. Nach ihrer Ansicht ist der Grund dafür, daß der Elektrostahl oft enttäuscht hat und nicht imstande gewesen ist, den Tiegelstahl überall zu ersetzen, in der zu hohen Gießtemperatur des Elektrostahls zu suchen.

Die Lösung der gestellten Aufgabe zeigt, daß die Verfasser neben guten theoretischen Werkstoffkenntnissen über besonders reiche praktische Erfahrungen verfügen. Dem deutschen Bearbeiter gebührt Dank, daß er das deutsche Fachschriftentum durch die vorliegende Ausgabe bereichert hat. [E 2466] Dr.-Ing. A. Wagner.

Graphit. Charakteristik, Erzeugung, Verarbeitung und Verwendung. Von Dr. E. Ryschkewitsch. Leipzig 1926, S. Hirzel. 323 S. m. 27 Abb. Preis 16,50 ℳ.

Die weitgehende technische Verwendung des Graphits ließ es schon lange wünschenswert erscheinen, die seit der Herausgabe der Monographien von Donath (1904) und Haenig (1910) an verschiedenen Stellen erschienenen Aufsätze und Arbeiten über den Graphit übersichtlich zusammenzufassen und kritisch zu sichten.

Die ersten beiden Kapitel des vorliegenden Buches sind eine sehr eingehende und wertvolle physikalisch-chemische und mineralogisch-lagerstättenkundliche Kennzeichnung des Graphites. Bei der Gewinnung der Graphiterze erwähnt jedoch der Verfasser von den verschiedenen großen geophysikalischen Gesellschaften, deren Ursprung übrigens nicht in Amerika zu suchen ist, leider nur eine schon vor Jahren eingegangene. Die weitgehende Beschreibung der verschiedenen Aufbereitungsmaschinen, wie Zerkleinerungsmaschinen, Herde und Zellenfilter, die in jedem Buch über Aufbereitung zu finden sind, hätte unterbleiben oder zu mindest stark eingeschränkt werden können. Richtigzustellen ist, daß das Appelquist-Verfahren wohl kaum das Schwimmverfahren ist, das auf dem europäischen Festland am meisten angewandt wird, sondern daß z. B. die Einrichtungen der Cesag in weit größerem Umfang in Gebrauch sein dürften.

Im 4. und 5. Kapitel behandelt der Verfasser die künstliche Herstellung, die Verwendung und den Verbrauch von Graphit und macht hier sehr wertvolle Angaben statistischer Art. Alles in allem gibt das Werk eine gute Übersicht über das gesamte Gebiet des Graphites sowie über die einschlägigen wissenschaftlichen und Patentschriften. [E 2472] Pr.

Handbibliothek für Bauingenieure. Herausg. von R. Otzen. 4. T. 2. Bd.: **Der Holzbau.** Von Th. Gesteschi. Berlin 1926, Julius Springer. 421 S. m. 533 Abb. Preis 45 ℳ.

Die zusammenfassende Darstellung des Holzbaues ist um so mehr zu begrüßen, als in den letzten Jahrzehnten wesentliche Fortschritte in der wissenschaftlichen Erkenntnis der Festigkeits- und Elastizitätsverhältnisse des Bauholzes erzielt und neue konstruktive Möglichkeiten erschlossen worden sind. Durch die wissenschaftliche Behandlung ist es gelungen, den Baustoff weitgehender auszunutzen, große Stützweiten freitragend zu überspannen und damit den Holzbau für vielseitige praktische Bauaufgaben wettbewerbfähig zu machen.

Nach den anatomischen, physikalischen und technischen Eigenschaften des Holzes, der Gewinnung, Verarbeitung, Behandlung des Baustoffs und den Schutzmaßnahmen gegen Brandgefahr und Fäulnis erörtert der Verfasser die Grundlagen des Holzbaues. Die Forschungsarbeiten von Bauschinger, Tetmajer, Lang, Rudeloff, von Bach, Baumann, Graf, Jackson u. a. m. über Druck-, Zug- und Scherfestigkeit verschiedener Bauhölzer, gleichgerichtet, schief und quer zur Faser, über die Beziehungen zwischen Zug-, Druck- und Biegefestigkeit, zwischen Festigkeit und Wassergehalt sowie Raumgewicht, über die Abhängigkeit der Festigkeit von Form und Abmessungen des Querschnitts, von Jahresringen, Faserrichtung und teilweiser Belastung (Stempeldruck) dienen als Grundlagen für die Festigkeitsberechnung neuzeitlicher Holztragwerke.

In der Ausnutzung des Baustoffs, d. h. in der Festsetzung der zulässigen Beanspruchungen darf man nicht so weit gehen wie beim Eisen, das nicht nur an Festigkeit, sondern namentlich an gleichmäßiger und gleichbleibender Güte dem Holz überlegen ist. Die heutigen baupolizeilichen Bestimmungen müssen auf Grund der Forschungsergebnisse geändert und ergänzt werden. Da noch keine neuen Vorschriften erlassen sind, mußte sich der Verfasser mit der Wiedergabe der vorläufigen Festsetzungen des Arbeitsausschusses für einheitliche Baupolizeibestimmungen vom 15. August 1925 begnügen. Auch die Knickfrage für einfache und zusammengesetzte Druckglieder in Holz harrt noch der Lösung. Neben der Berechnung nach Euler (Preuß. Bestimmungen) enthält das Buch den Vorschlag der Reichsbahn mit dem ω-Verfahren.

Zu den bekannten Zimmermannverbänden sind die neuzeitlichen Holzverbindungen mit Klotz-, Doppelkegel-, Teller-, Ring-, Ringflügel-, Krallen-, Zahndübeln, mit Bandeiseneinlagen, Stahlstiften und Rohrdübeln hinzugekommen, die z. T. gesetzlich geschützt sind. Eine vergleichende Zusammenfassung ihrer Wirkungsweise und eine kritische Behandlung der grundsätzlichen Fragen der Berechnung und Bemessung, wie sie Dr. Seitz in seinem Buch „Grundlagen des Ingenieurholzbaus" versucht hat, wäre erwünscht gewesen.

In den folgenden Abschnitten werden die Tragwerke behandelt und durch zahlreiche Musterbeispiele aus der Praxis erläutert. Die Dachkonstruktionen hat der Verfasser bereits früher in „Hölzerne Dachkonstruktionen, ihre Ausbildung und Berechnung", ausführlich beschrieben. Einen Teil dieser Arbeit hat der Verfasser in das neue Buch übernommen.

Bei den Brücken in Holz sind neben bekannten älteren Konstruktionen neuere Ausführungen berücksichtigt. Die vielseitige Verwendung des Holzes zu Gerüsten im Hochbau und im Brückenbau, sowie zu Fördergerüsten, ist durch ausgewählte Beispiele der Praxis veranschaulicht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das Buch den heutigen Stand des Holzbaues ziemlich vollständig wiedergibt und dadurch dem mit Entwurfarbeiten betrauten Ingenieur manche Dienste leisten wird.
[E 2473] Schaechterle.

Adreßbuch der Dampfkesselbesitzer Deutschlands. 1. Bd. Nord- und Mitteldeutschland. Von Knochenhauer. Halle a. d. S 1926, C. Haenchen. 489 S. Preis 22 ℳ.

Das Buch enthält die Anschriften aller Besitzer von ortfesten und beweglichen Dampfkesseln und -gefäßen für die Bezirke der Dampfkesselüberwachungsvereine Altona, Bernburg, Braunschweig, Cassel, Frankfurt a. O., Gotha, Halberstadt, Halle a. S., Hannover, Magdeburg, Osnabrück, Schwerin und Stettin. Besonders aufgeführt sind die im staatlichen Auftrag überwachten Betriebe mit Aufzählung ihrer Kessel. In besonderen Spalten sind angegeben die im Besitz der Dampfkesselbesitzer befindlichen elektrischen Anlagen, Zentrifugen, Blitzableiter und Dampfgefäße. Die Angaben sind für den Bereich jedes Überwachungsvereins gesondert und nach Regierungsbezirken, Kreisen und Orten getrennt. Ferner sind die Anschriften der Überwachungsvereine und ihrer Nebenstellen sowie die Namen ihrer technischen und kaufmännischen Beamten angegeben.

Das Werk ist als Nachschlage- und Auskunftsbuch bestimmt und wird als solches gute Dienste leisten. Darüber hinaus hat es statistischen Wert. Für den letzten Band wird im Vorwort des vorliegenden Buches eine übersichtliche, kurze Abhandlung über die Organisation des Dampfkessel-Überwachungswesens in Deutschland unter Eingehen auf die Verhältnisse in den einzelnen Ländern angezeigt, die jedem Kesselbesitzer erwünschten Aufschluß über Tätigkeit und Zuständigkeit der Kesselüberwachung geben wird. Die statistischen Angaben sind den Listen der Überwachungsvereine entnommen und daher zuverlässig; neue Auflagen werden jeweils den neuesten Stand berücksichtigen. [E 2467] Spr.

Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen 1926. Berlin 1926, VDI-Verlag. 230 S. m. 31 Abb. Preis 10 ℳ.

Der wissenschaftliche Teil bringt einen zusammenfassenden Überblick von Dr.-Ing. Max Mayer über die betriebstechnischen Aufgaben, die an den Leiter eines Ingenieurbaues herantreten, eine knappe, klare Darstellung der neueren Fortschritte im Beton- und Eisenbetonbau von Prof. Dr. Kleinlogel (besonders wertvoll sind die ausführlichen Hinweise auf das einschlägige Schrifttum), einen wegen der wohl neuartigen Problemstellung besonders beachtenswerten, einem Gegenwartsbedürfnis entsprechenden Beitrag von Oberbaudirektor Leo über den „Unterirdischen Städtebau" und einen ebenfalls zeitlich wichtigen von Dr.-Ing. Dierbach über die „Anlage von Flughäfen für den Luftverkehr". Von großem Wert für den Ingenieur wie für den Volkswirt ist die Statistik der deutschen Groß-Wasserkraftanlagen. Der übrige Teil des Jahrbuchs bringt Anschriftensammlungen, Zusammenstellungen über wichtige Ingenieurbauten, Vorschriften, Normen usw.

Die Grundzüge der Werkzeugmaschinen und der Metallbearbeitung. Von F. W. Hülle. 4. Aufl. 2. Bd.: Die wirtschaftliche Ausnutzung der Werkzeugmaschinen. Berlin 1926, Julius Springer. 309 S. m. 580 Abb. Preis 10,50 ℳ.

Carburation in theory and practice. Von Robert W. A. Brewer. 3. Aufl. London 1924, Crosby Lockwood and Son. 298 S. m. zahlr. Abb. Preis 15 sh.

Die Asynchronmotoren und ihre Berechnung. Von Erich Rummel. Berlin 1926, Julius Springer. 108 S. m. 39 Abb. Preis 6,30 ℳ.

Der Katechismus für die Ankerwickelei. Von Fritz Raskop. Berlin 1926, Hermann Meusser. 235 S. m. 75 Abb. Preis 6,80 ℳ.

Technologie der Fette und Öle. Von Karl Löffl. Braunschweig 1926, Friedr. Vieweg & Sohn. 510 S. m. 283 Abb. Preis 38 ℳ.

Projektierungen und Apparaturen für die chemische Industrie. Von Carl Eckelt und O. Gaßner. Leipzig 1926, Otto Spamer. 156 S. m. 146 Abb. Preis 18 ℳ.

Das betriebswirtschaftliche Schrifttum. 1. Jg. 1. H. September 1926. Herausg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung. Berlin 1926, Selbstverlag. 101 S. Preis halbjährlich 9 ℳ. Einzelnummer 2,60 ℳ.

Bibliothek der gesamten Technik, 345. Bd.: **Der stationäre Kleinmotor.** Von Reinhold Thebis. Leipzig 1926, Max Jänecke. 88 S. m. 116 Abb. Preis 2,30 ℳ.

Wie fertigt man technische Zeichnungen? Von A. zur Megede. 8. Aufl. Herausg. von M. Weßlau. Berlin 1926, Julius Springer. 110 S. m. 5 Abb. u. 4 Taf. Preis 4,80 ℳ.

Arbeitsstudien bei Ford. Von Hellmut Hultzsch. Dresden 1926, Alexander Köhler. 86 S. Preis 1,50 ℳ.

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, 2. R., 2. H. **Übersicht über das in den Jahren 1911 bis Anfang 1924 erschienene Schrifttum auf dem Gebiete der Lufthygiene.** Von R. Weldert. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 80 S. Preis 9,60 ℳ.

Die Berechnung des Wertes einer Erfindung. Von Jakob Haböck. München 1926, I. B. Hohenester. 47 S. Preis 4,50 ℳ.

Einführung in die höhere Mathematik für Naturforscher und Ärzte. Von J. Salpeter. 3. Aufl. Jena 1926, Gustav Fischer. 387 S. m. 154 Abb. Preis 18 ℳ.

A Monograph on the economic situation of British Engineering Industry. Herausg. von der Brit. Engineers' Association. London 1926. 75 S. Preis 5 sh.

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern. 46. **Statistische Zusammenstellung der Betriebsergebnisse** von 509 Gaswerksverwaltungen für das Jahr 1924 bzw. 1924/25. München 1926, R. Oldenbourg. 120 S. Preis 10 ℳ.

Das Gesamtgebiet des Offsetdruckes. Von Ernst Th. Biller. 3. Aufl. Leipzig 1926, Verlag Deutscher Buchgewerbe-Verein. 112 S. m. versch. Abb. Preis 3 ℳ.

Festschrift zum 150jährigen Jubiläum der Gewerbeschule und der staatl. höheren Fachschule für Edelmetallindustrie. 1776 bis 1926. Herausg. von der Stadtgemeinde Gmünd. Schwäb.-Gmünd 1926. 156 S. m. vielen Abb.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern. Herausg. von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten des Siemens-Konzerns. 5. Bd. 2. H. Berlin 1926, Julius Springer. 232 S. m. 149 Abb.

Metallgesellschaft, Metallbank und Metallurgische Gesellschaft A.-G. **Statistische Zusammenstellungen** über Aluminium, Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Silber, Zink und Zinn. 27. Jg. 1913, 1919 bis 1925. Frankfurt a. M. 1926. 83 S.

Werkstofftagung Berlin 1927

Der Verein deutscher Ingenieure veranstaltet am 29. September bis 16. Oktober d. J. in Berlin eine Werkstofftagung. An der Veranstaltung beteiligen sich in besonders hervorragender Weise der Verein deutscher Eisenhüttenleute, ferner die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, Fachgruppen des Reichsverbandes der Deutschen Industrie für Maschinenbau und Elektrotechnik, der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik und der Deutsche Normenausschuß. Für die Vorträge und die Aussprache zwischen den Werkstofferzeugern und -verbrauchern hat die Technische Hochschule ihre Räume zur Verfügung gestellt. Eine umfassende Werkstoffschau in der neuen Automobil-Ausstellungshalle am Kaiserdamm wird Werk- und Baustoffe aller Art und einen Teil der Betriebstoffe in geschlossenen Gruppen vorführen und ihre Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten durch Einrichtung und Betrieb von Prüffeldern zeigen. (Vergl. VDI-Nachrichten vom 29. Dezember 1926; dieses Organ wird weiterhin durch besondere Werkstoffbeilagen über Einzelheiten der Tagung unterrichten.) [V 2722]

Schluß des Textteiles.

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
D. 71 SONNABEND, 8. JANUAR 1927 NR. 2

Gegenwärtiger Stand des Landmaschinenbaues

Von der Ausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in Breslau

Von Prof. Dipl.-Ing. L. Erhardt und Dipl.-Ing. R. Gerdes, Landmaschineninstitut der Universität Breslau.

Kritik der ausgestellten Maschinen: Dampf- und Wasserkraftmaschinen, Gleiskettenschlepper, neuartige Anhängegeräte. — Die Entwicklungsrichtung der Maschinen zur Saat und Pflege sowie zur Veredlung und Bergung der Früchte. — Zwei neuartige Fördermittel; Beispiele von Maschinenelementen, die für Landmaschinen eigentümlich sind.

Die alljährlich stattfindende Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft wurde vom 31. Mai bis 6. Juni 1926 vor den Toren der Stadt reslau veranstaltet. Die Schau landwirtschaftlicher Ma-hinen und Geräte war an Umfang geringer als in den rangegangenen Jahren, weil die schlechte wirtschaftliche age eine große Zahl früherer Aussteller zurückhielt und e maßgebenden Hersteller- und Händlerverbände an ihren eschluß, sich die Beschickung der Ausstellung infolge weifels an einem die Unkosten rechtfertigenden Umsatze versagen, gebunden waren. Infolgedessen traten einer-its die ausländischen Aussteller in den Vordergrund, ährend anderseits die dennoch ausstellenden deutschen rmen teilweise befriedigende Umsätze erzielen konnten.

Auf dem besonderen Stande der neuen Geräte waren 8 Maschinen und Geräte zu finden. Daneben standen e für die Hauptprüfungen dieses Jahres gemeldeten Ma-hinen, und zwar: Staubsauger, Düngerstreuer, Hack-aschinen, Höhenförderer, Kartoffelernter und Handhacken.

Die Kraftmaschinen

Von den dem Ingenieur geläufigen und in der Art er Elemente vertrauten Maschinen war wohl die be-erkenswerteste eine Heißdampflokomobile der Firma Wolf in Magdeburg mit stehendem ausziehbaren asserröhrenkessel und stehender Einzylindermaschine, ob. 1. Bei ihr ist die starre Verbindung der Feuer-chse des Kessels mit dem Kurbelgehäuse der Maschine d die Anbringung der Fahrräder an dieser Einheit für rartige Maschinen völlig neu (allerdings zeigte die Her-llerin bereits im Vorjahre einen Vorläufer dieser Bau-:). Diese Verwendung der arbeitenden Teile als Trag-teile wurde erstmalig bei landwirtschaftlichen Schleppern in der Form eingeführt, daß das Kurbelgehäuse des Motors und das Getriebegehäuse zu einer Einheit verbunden waren und unmittelbar auf den Fahrrädern ruhten: die sogenannte rahmenlose Bauart. Diese Ausführung brachte wie bei den Motorschleppern, so auch hier eine Gewichtsverminderung und Verbilligung, so daß die Dampfkraftanlage, die normal 26 PS, dauernd bis zu 33 PS und vorübergehend sogar 50 PS herzugeben vermag, mit nur 2300 kg Gewicht für nur 5500 ℳ angeboten werden kann. Bedenkt man schließlich, daß die Dampfmaschine die im Landbetriebe sehr erwünschte größte Überlastbarkeit von allen Kraftmaschinen aufweist, und daß sie die für den Landarbeiter durchsichtigste Arbeitsweise hat, so kann man sagen, daß der Dampf hier die mit ihm im Wettbewerb stehenden Kraftmaschinen wieder einzuholen im Begriff ist.

RZ2256Z1

Abb. 1
Neue Heißdampflokomobile von R. Wolf, Magdeburg

RZ2256Z2

Abb. 2. Kleinturbine mit angeflanschtem Stromerzeuger

Für die wasserreichen Gebirge Schlesiens spielt die Ausnutzung der zahlreichen kleinen Wasserkräfte für Leucht- und Heizstrom eine besonders große Rolle. J. M. Voith, Heidenheim, zeigte für diese Zwecke Kleinturbinen bis 3 kW mit unmittelbar gekuppeltem, angeflanschtem Stromerzeuger, Bauart Petersen, der von der Maschinenfabrik Eßlingen hergestellt wird, Abb. 2. Je nach dem vorhandenen Gefälle wird die Turbine als Francisturbine oder Peltonrad geliefert. Die erforderliche Spannung wird durch besondere Gemischterregung ohne jede Regeleinrichtung innerhalb eines außerordentlich großen Drehzahlbereiches nahezu gleichbleibend gehalten, Abb. 3. Der Fortfall der verwickelten Regelvorrichtung macht die Anlage billig, betriebsicher und ermöglicht die Bedienung durch Laien. Der Petersen-Stromerzeuger eignet sich natürlich auch hervorragend für Windkraftanlagen. Eine ähnliche Anlage hatte K. & Th. Möller, G. m. b. H., Brackwede (Westf.), in Form einer Schraubenradturbine

Abb. 3. Charakteristik des Petersen-Stromerzeugers

Abb. 4. Charakteristik des Charlet-Stromerzeugers

mit Charlet-Stromerzeuger ausgestellt, dessen Kennlinien Abb. 4 zeigt. Auch die Firma Voith hatte an einer Turbine eine Anflanschdynamo der Charlet-K.-G. angebaut. Bei dieser Anordnung wird durch Übererregung bei steigender Belastung auch die Spannung gesteigert. Die dabei erhöhten Verluste, z. B. in einer längeren Zuleitung, werden also ausgeglichen, so daß an der Verbrauchstelle bei allen Belastungen gleiche Spannung herrscht.

Unter den Verbrennungsmotoren nimmt heute im Industriebetriebe der Dieselmotor infolge seines guten wirtschaftlichen Wirkungsgrades eine führende Stellung ein. Im landwirtschaftlichen Betriebe werden jedoch kleinere Einheiten gebraucht, die unter stark wechselnder Belastung arbeiten und zur bequemen Ortveränderung geringes Gewicht haben müssen. Die Forderung geringen Gewichtes wird durch kleine Zylinderinhalte bei hohen Umlaufzahlen erfüllt. Kleine Zylinderinhalte erschweren aber die Bemessung der geringfügigen Brennstoffgaben und gleichzeitig geht bei hohen Umlaufzahlen die Beherrschung der Spül- und Ladevorgänge im Zweitaktmotor verloren. Die Nachteile des Viertaktmotors, das häufige Verrußen der Ventile bei geringen Belastungen, hat man als das kleinere Übel angesehen und hat sich zumeist für den Viertaktbetrieb entschieden.

Vor einigen Jahren machte die Firma Benz-Sendling mit einem Schlepper mit 30 PS leistendem Viertakt-Dieselmotor als Kraftquelle den ersten Schritt zur Einführung des Dieselmotors in den Schlepperbetrieb, wobei sie für den Schlepper ihre bekannte dreirädrige Bauart benutzte. Das Anlassen gelang mittels einer in den Zylinder eingeführten Rolle Salpeterpapiers recht gut. Die Maschine fand auch beachtenswert schnell Eingang in der Landwirtschaft. Auf der Breslauer Ausstellung zeigte die Herstellerin den Motor erstmalig in einem Vierradschlepper, dessen Fahrgestell von der Firma Komnick, Elbing, hergestellt wird. Eingeweihte sprachen von mindestens drei weiteren Dieselmotoren für Fahrzeugbetrieb, die sich bei verschiedenen Firmen in Vorbereitung befänden. Die durch den guten Wirkungsgrad des Dieselmoto[r] und seinen billigen Brennstoff geringen Betriebskosten e[r]öffnen diesem bei Bewährung im Landbetriebe gute A[n]satzmöglichkeiten, wenn der Anschaffungspreis die feste[n] Kosten nicht um so viel mehr erhöht. Von den Gleic[h]druckmotoren herrscht in der Praxis zunächst noch d[er] Zweitakt-Glühkopfmotor vor, wie ihn Lanz baut.

Die Möglichkeit, im Preise niedrige, schwer sieden[de] Brennstoffe in einem schnellaufenden und damit spezifis[ch] leichten Vergasermotor zu verarbeiten, veranlaßte d[ie] Dampfpflugfabrik J. Kemna, Breslau, in ihrem neue[n] Universal-Schlepper den Schweröl-Vergasermotor m[it] Kerzenzündung der Motorenfabrik Deutz zu verwende[n]. Am Schlepper selbst liegen Abweichungen vom He[r]gebrachten in der Anordnung des Getriebekastens, d[er] Greiferbauart und der Anbringung von Lenkbremsen. D[ie] Greifer schwingen um tangentiale, innerhalb des Ra[d]reifens angebrachte Bolzen. Die Scharniere sind a[ls] Lamellenkupplungen ausgebildet, die in jeder Stellung d[ie] Greifer durch Schraube einzeln festgezogen werde[n] können[1]), Abb. 5. Das Getriebe ist ähnlich wie bei[m] WD-Radschlepper in einem Käfig vereinigt, der g[e]schlossen in das Gehäuse eingeführt ist, Abb. 6. Len[k]bremsen sind sonst an Vierradschleppern nicht bekann[t]. Sie ermöglichen hier eine weitgehende Vereinigung d[es] Gesamtgewichtes auf den Treibrädern, weil selbst b[ei] einer durch die Rückwirkung des Antriebdrehmoment[es] hervorgerufenen Entlastung der Vorderräder, die ei[...]

[1]) Weitere Greiferbauarten vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 924 u. ff.

Abb. 5. Rad des Kemna-Schleppers mit Klappsporen

Abb. 6. Getriebe des Kemna-Schleppers vor dem Einbau
a Wechselgetriebe *b* Differentialsperre *c* Kegelradantrieb

sicheres Lenken verhindern würde, die Lenkbremsen dennoch ein Steuern gestatten. Hinten dicht über dem Boden angebrachte Schleifkurven begrenzen das Aufbäumen. Wenn mit dieser Maschine der schwere Schlepper, den die Entwicklung zu verlassen im Begriffe stand, wieder auflebt, so beabsichtigt die Herstellerin damit eine allgemein, auch für industrielle Beförderung benutzbare Zugmaschine zu schaffen.

Eine neuartige Wandlung des Radschleppers stellt die Zugkraftwalze der Firma U n i o n - G i e ß e r e i , Königsberg, dar. Ihre Treibräder haben die Gestalt von Walzen mit 1,66 m Dmr. Sie bewalzen die Breite von 2,7 m und haben zwecks leichteren Steuerns in der Mitte etwa 10 cm Abstand, der durch eine schmale Walze von etwas weniger als dem halben Durchmesser ausgefüllt wird. So wird die ganze Arbeitsbreite gleichmäßig gewalzt, und die Treibwalzen können auf einer durchgehenden festen Welle gelagert werden. Dem Zweck entsprechend haben auch die Vorderräder je 0,6 m Breite bei 1,2 m Dmr. Die Maschine wiegt 6300 kg. Sie ist insbesondere für Moor- und Wiesenkultur gebaut und kann mit einem angebauten Düngerstreuer ausgerüstet werden. Ein Ladekasten kann für die Aufnahme zusätzlicher Gewichtbelastung bis 3000 kg oder für die Mitführung größerer Düngermengen zum Nachfüllen des Düngerstreuers während der Fahrt benutzt werden.

Die Gleiskettenschlepper

Die neueren Schlepperuntersuchungen wiesen schon darauf hin, daß der Radschlepper energiewirtschaftlich dem Gleiskettenschlepper unterlegen ist. Die kürzlich zum Abschluß gebrachten wissenschaftlichen Schlepperuntersuchungen[1]) der Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge in Berlin bestätigen dies zahlenmäßig für den Ackerbetrieb durch Zusammenstellung der Ergebnisse von Versuchen mit übereinstimmender Vergleichgrundlage. Die praktische Beanspruchung am Zughaken liegt für Radschlepper bei 40 bis 55 vH, für Raupen bei 45 bis 65 vH der Motorenleistung. In den genannten Versuchen kamen bei voller Ausnutzung des Maschinengewichtes die in dieser Hinsicht besten Schlepper mit Radantrieb auf 82 vH und mit Gleiskette auf 88 vH der Motorenleistung am Zughaken. Der Mittelwert für die Radschlepper war 64 vH, für die Raupenschlepper 76,7 vH. Wenn trotz dieser Vorteile die Verbreitung der Raupenschlepper nur sehr zögernd vor sich geht, so ist daran der bisherige hohe Preis schuld. Es ist darum zu begrüßen, daß die Entwicklung auch dieser Schlepperbauart durch Verringerung des Anschaffungspreises der Maschine und der Verschleißteile gefördert wird. Auf der Ausstellung hatten sich zu den von den früheren deutschen Erzeugnissen einzig überlebenden WD-Kettenschleppern mit 28 und 50 PS-Leistung der Deutschen Kraftpflug-Gesellschaft, Berlin (Hanomag, Hannover), und dem vor wenigen Jahren erfolgreich eingeführten MTW-Kettenschlepper der Moorburger Treckerwerke H. W. Ritscher zwei neue Bauarten gesellt: die Stumpf-Raupe der Linke-Hofmann-Werke, Breslau, und der vereinigte SHW-Rad- und Kettenschlepper der Schwäbischen Hüttenwerke, Stuttgart.

Der L H - S t u m p f - Raupenschlepper, Abb. 7, zeichnet sich durch eine halb rahmenlose Bauart aus, bei der das Getriebegehäuse selbst Trag- und Rahmenbauteil ist und sich nach vorn in eine gepreßte Wanne fortsetzt,

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1209.

Abb. 7. Stumpf-Raupe der Linke-Hofmann-Werke, Breslau

a Kühler
b Zughaken
c Luftfilter
d Magnet
e höchster Ölstand
f tiefster „
g Brennstoffbehälter
h Auspuffrohr
i Sammelschmierpumpe
k Kupplungshebel
l Gashebel
m Schalthebel
n Bremshebel
o Hebel zur Winde
p Bremsnachstellung
q Windenkupplung
r Anhängevorrichtung für Wagen
s Seiltrommel *t* Seil
u Mittenzugvorrichtung für Ackergeräte

die den geschlossenen Motor in üblicher Weise aufnimmt. Unmittelbar an diesem Rumpfe sind auf jeder Seite zwei Rollenträger mit je zwei für sich federnden Rollen, die zusammen das Gewicht der Maschine tragen, befestigt. Diese Rollen werden durch eine beim Führer liegende Handpumpe gleichzeitig geschmiert. Obwohl die Kette bei diesem Schlepper mit 50 PS Leistung ebenso klein ist wie sonst bei solchen mit 25 PS Leistung, hat die Maschine nach mehrfachen Versuchen der Berichterstatter auch unter schwierigen Verhältnissen bei hoher Zugkraft auf schlüpfrigem Acker keine Anstände ergeben.

Bei diesen Versuchen zeigte sich übrigens in Übereinstimmung mit Bremsversuchen des Maschinenlaboratoriums der Technischen Hochschule Breslau ein überraschend n i e d r i g e r B r e n n s t o f f v e r b r a u c h , der sich aus der Übertragung von Erfahrungen des Konstrukteurs im Flugmotorenbau auf den Pflugmotorenbau erklärt. Bearbeitung des Verdichtungsraumes, hängende Ventile, sorgfältige Kühlung, vorteilhafte Formgebung und richtige Bemessung der Gasleitungen und Aluminiumkolben sind bekannte Mittel zur Steigerung der Ausnutzung des Zylinderinhaltes. Ihre Anwendung beeinflußt den Preis kaum nennenswert, die Ausbesserungen und die Bedienung garnicht. Dagegen bringt die dauernde Brennstoffersparnis während des Betriebes erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Der Schlepperbau darf die Fortschrittsbewegung des Automobilbaues nicht übersehen. Das, was gestern noch als „hochgezüchtet" mit Zweifel betrachtet wurde, ist das führende Erzeugnis von heute. Höhere Ausnutzung des Zylinderinhaltes durch geschickte Durchbildung und Drehzahlsteigerung bringt Gewichtsverminderung und höhere Elastizität. Die Vorbedingungen für den Bau solcher Hochleistungsmotoren dürften heute keine Schwierigkeiten mehr bereiten. Das Wichtigste ist wohl die peinlichste Reinigung der Verbrennungs-, Zusatzdüsen- und Kurbelgehäuseluft vom Ackerstaube. Die Verwendung von ölbenetzten Raschig-Ringen oder ähnlichen Körpern großer Oberfläche hat sich hierfür als wirksamer erwiesen als die bei ausländischen Schleppern üblichen Wasser-Luftreiniger. Jedoch muß man darauf bedacht sein, die Luftgeschwindigkeit im Filter unterhalb von 1 m/s zu halten.

Die hier hervorgehobene h a l b r a h m e n l o s e B a u a r t der Stumpf-Raupe ist nicht an sich neu, sondern die amerikanischen Konstrukteure und deren deutsche Schüler, z. B. der Erbauer des erwähnten MTW-Schleppers und des anläßlich der Ausstellung neu herausgebrachten Gleiskettenschleppers mit 14 PS Leistung der Schwäbischen Hüttenwerke verwenden sie ebenfalls. Jedoch bringen sie die Kettenlaufbahn bzw. die Trag- und

Abb. 8
SHW-Raupenschlepper der Schwäb. Hüttenwerke, Stuttgart

Abb. 9. Raupenschlepper der Schwäbischen Hüttenwerke als Radschlepper für die Straße mit untergebautem Vordergestell

Leitrollen nicht an dem Rahmen an, sondern bauen für jede Kette einen besonderen Rahmen oder Kasten, der die Trag- und Leitrollen aufnimmt. Dieser Kasten umfaßt das Lager des Hinterachs- und Antriebkettenrades, den sogenannten Achstrichter von außen und kann dadurch um die Mitte der Treibachse auf- und abwärts pendeln. Die beiden Kettenrahmen sind vorn meist durch eine Halbelliptikfeder verbunden, auf der sie das vordere Ende der Maschine tragen.

Der neue amerikanische Cletrac-Schlepper, Ausführung K, hat die Pendelachse für den Kettenkasten vor dem Treibkettenrade, vergleiche Abb. 16. Dadurch kann die Lagerung des Kastens breiter und sicherer gestaltet werden. Die theoretische Verkürzung der Kettenlänge beim Pendeln macht sich praktisch nicht bemerkbar.

Bei dem neuen Gleiskettenschlepper mit 15 PS Leistung der Schwäbischen Hüttenwerke, Abb. 8, hat man sein amerikanisches Vorbild, den Cletrac-Schlepper, (16 PS), besonders auch dadurch verbessert, daß man auf eine zusätzliche Achse Fahrräder aufstecken und vorn einen steuerbaren Vorderwagen unterbauen kann, Abb. 9. Dadurch erhält die Maschine bei der Fahrt auf Rädern, die vor allen Dingen im Straßenverkehr in Frage kommen, infolge des größeren Raddurchmessers, dem Zwecke ententsprechend, eine höhere Geschwindigkeit. Die Fahrrollen stehen bei dieser Maschine nicht fest, sondern sie werden durch eine große Zahl kleiner, schmaler Walzen dargestellt, die, zu einer endlosen Kette verbunden, mit der Gleiskette (in halber Geschwindigkeit) mitwandern und diese nur für die Zeit des Eingriffes in das Antriebkettenrad verlassen, vergl. Abb. 13. Der MTW-Schlepper hat ebenfalls eine solche mit der Gleiskette mitlaufende endlose Rollenkette, die aber nach Verlassen der Tragfläche in kurzer Schleife wieder umkehrt, vergl. Abb. 14.

Unsere Erfahrungen sind noch zu jung, als daß wir über Vorzüge und Nachteile der verschiedenen Anordnungen ein richtunggebendes Urteil fällen könnten. Ebenso ist die Frage noch offen, ob pendelnde Kettenkästen oder starre Kettenkästen mit federnden Rollen oder gar starre Rollen, wie sie die als Ergänzung zum Fordson-Schlepper lieferbare, auch auf der Ausstellung gezeigte Svedala-Gleiskettenausrüstung, vergl. Abb. 17, aufweist, einerseits zweckmäßig und anderseits wirtschaftlich sind. Abb. 10 bis 17 zeigen eine Reihe verschiedener Gleiskettenführungen.

Bezüglich der Kapselung der Kette und ihrer Treib- und Leitorgane bestehen auch, grob gesprochen, zwei entgegengesetzte Ansichten: die einen suchen die Teile ängstlich gegen das Eindringen von Schmutz zu schützen, während andre alles möglichst frei lassen, damit der doch nie fernzuhaltende Schmutz möglichst leicht wieder herauskann.

Die Steuerung wurde bisher bei den Raupenschleppern nach zwei Grundsätzen ausgeführt. Beim großen WD-Schlepper kuppelt man beide Ketten unmittelbar mit der Motorwelle und löst zum Steuern abwechselnd die eine oder die andre Kupplung, Abb. 18. Alle andern Schlepper treiben die Ketten mittels Differentialgetriebes an, Abb. 19, das beim kleinen WD-Schlepper bei Geradeausfahrt gesperrt ist, Abb. 20. Beim Lenken wird die Reibungs-Differentialsperre gelöst und die eine Kette gebremst. Beim unmittelbaren Antrieb,

Abb. 10. Podeus

Abb. 11. WD-Führung

Abb. 12. LH.-Stumpf

Abb. 13. SHW (Cletrac F 16 PS)

Abb. 14. MTW

Abb. 15. Cletrac W 20 PS

Abb. 16. Cletrac K 25 PS

Abb. 17. Svedala-Raupe zum Fordson

Abb. 10 bis 17
Gleiskettenführungen
T Triebkettenrad

vergl. Abb. 18, behält die äußere Kette ihre Geschwindigkeit bei und die innere eilt nach, beim Differentialantrieb, vergl. Abb. 19 und 20, geht die Geschwindigkeit der äußeren Kette bis auf das Doppelte der Regelgeschwindigkeit. Ein abweichendes, kinematisch sehr bemerkenswertes Verfahren wendet Cletrac an, indem die Geschwindigkeitsübertragung des Differentialgetriebes auf die Achshälften durch Umlaufräderwerke gewissermaßen unsymmetrisch verzerrt wird, Abb. 21.

Die Kraftmaschine möge nicht verlassen sein ohne die Feststellung, daß für Wasserhaltungsanlagen bis 1,2 PS von der Eilenburgischen Maschinenfabrik Alexander Monski unter Umständen der Heißluftmotor als Kraftquelle empfohlen wird.

Die Anhängegeräte

Der zunehmenden Verwendung der Kraftschlepper entsprechend, steigen auch die Bemühungen, passende Anhängegeräte auszubilden. So zeigten unsere beiden führenden Pflugfirmen Eberhardt, Ulm, und Sack, Leipzig, grundsätzlich neue Lösungen des Anhängepfluges. Bemerkenswert ist, daß beide Firmen den Grundsatz des Doppelpfluges mit je zwei rechts und zwei links wendenden Körpern gewählt haben, und zwar Sack den Wende- und Eberhardt den Kippflug. Diese Art des Pflügens ermöglicht Zeitersparnis beim Wenden, und das entstehende Beet ist durchweg glatt, während bei nur rechtswendendem Pfluge in der Mitte des Beetes eine Rinne oder ein Rücken entstehen muß, der für die einheitliche Bestellung des Beetes hinderlich ist. Bei hängigen Schlägen kommt man ohne Doppelpflug oft überhaupt nicht aus.

Abb. 24

Abb. 23
Vor dem Ankuppeln

Abb. 23 und 24
Vorgang zum Angewinde beim „Novus-Pflug"

a Am Furchenende
b Pflugschare ausgehoben, Lösen der Kupplung
c Wenden des Schleppers ohne Pflug
d " " " bei Platzmangel
e vor dem Ankuppeln (Abb. 23)

Abb. 22
Kippanhängepflug „Novus"
von Gebr. Eberhardt, Ulm,
für Kleinschlepper

Abb. 18 bis 21. Lenkbremsenanordnung bei Raupenschleppern

Das Ungewöhnliche des von Dr.-Ing. von Sybel durchgebildeten Eberhardtschen Kippfluges „Novus", Abb. 22, liegt darin, daß die Scharspitzen der beiden Pflughälften des Kippfluges voneinander weg zu zeigen, statt, wie bisher, zueinander, und daß die beiden Rahmenhälften nicht in der geraden Verlängerung voneinander liegen. Der Haupttragkarren muß darum zum Rahmen in gewissen Grenzen schwenkbar sein, womit gleichzeitig eine Verlegung des Schwerpunktes von der Mittelachse nach der Seite der jeweils arbeitenden Pflugkörper erreicht wird. Am Ende des Feldes wird durch einen Leinenzug der Pflug abgekuppelt, Stellung *b*, Abb. 24, und der Kupplungshaken mittels einer schwachen Feder in die Höhe gezogen, damit der Führer des inzwischen herumfahrenden Schleppers ihn bequem am andern Ende des Pfluges vom Führersitz aus einhaken kann, Abb. 23. Abb. 24 veranschaulicht die Stellungen und Wege von Schlepper und Pflug. Wo Platz zur Verfügung steht, fährt der Schlepper den Bogen *c*, andernfalls *d*.

Sack hat die Form des Wendepfluges gewählt und läßt das Grindel an einem starr am Differentialgehäuse des Schleppers befestigten Stücke tragen, Abb. 25. Zum Ausheben und Einsetzen schwenkt das Grindel um einen Bolzen auf- oder abwärts. Dieses Schwenken wird durch ein auf die Fahrradachse aufgebrachtes Exzenter selbsttätig ausgeführt und dadurch erleichtert, daß das Gewicht des Pfluges durch Gegengewichte zum größten Teil ausgeglichen ist. Eine Kurbel dient zur Einstellung des Tiefganges,

Abb. 25
Wendepflug für Kleinschlepper von Sack, Leipzig

eine andre zum Wenden des Pfluges durch Drehung des Grindels um seine Achse.

Für mit Steinen oder andern Hindernissen durchsetzten Boden hat man in das Zugzeug der motorischen Anhängegeräte Sicherheitsscherbolzen aus Holz oder Weicheisen eingeschaltet, um Überbeanspruchungen des Pfluges oder Schleppers zu vermeiden. Wo aber diese Hindernisse oft auftraten, war das häufige Erneuern der Bolzen zeitraubend und unbequem. Darum sind mehrere federnde Stoßfänger herausgekommen, die mit einer selbsttätigen Auslösung der Kupplung bei Überschreiten einer bestimmten Belastung vereinigt sind. Sie ermöglichen durch Verstellen der Auslöserampe oder -klinke ein Einstellen der Höchstbelastung. Zu dem Sackschen Anhängepfluge für kleine Schlepper wurde eine vom Führersitz bedienbare Schraubspindel - Verstellvorrichtung der Zugschere gezeigt, die die Regelung des Pflugganges vereinfacht. Bei vielscharigen Schälpflügen und bei Grubbern größerer Arbeitsbreite legt man mehr Wert als früher auf eine Teilung des Rahmens unter Zwischenfügung von Gelenken, damit sich die Arbeitswerkzeuge der Geräte besser den Bodenunebenheiten anschmiegen können.

Maschinen zur Saat und Pflege

Die zur Bodenbearbeitung zwischen den Pflanzenreihen während des Wachstums dienenden Hackmaschinen nehmen infolge ihrer ertragsteigernden Wirkung immer mehr an Bedeutung, damit aber auch an Verschiedenartigkeit der Ausführung zu. Man findet die verschiedensten Formen von den ganz einfachen Rahmen mit starr befestigten Werkzeugen bis zu den ausgeklügeltsten Häufungen kinematischer Verwicklungen. Die Steuerung der ganzen Maschine, die Steuerung der Hackmesser für sich, die Regelung des sehr geringen Tiefganges der Messer, die Einstellbarkeit des Schnittwinkels und der Belastung der Werkzeuge, selbsttätige Beeinflussung des Schnittwinkels und der Belastung durch die Zugkraft: das sind die Ansprüche, die man mit mehr oder weniger Vollständigkeit an eine Maschine zu stellen sucht. Man sollte die Grenzen des zweckmäßigen Vollkommenheitsgrades am wirtschaftlichen Wirkungsgrade messen. Die versuchten Lösungen mit den Bewegungsketten und Sperrvorrichtungen für die verschiedenen Arbeitstellungen zeigen noch nicht überall die erwünschte Einfachheit der Arbeitselemente. Die Parallelogrammführung der Messer herrscht noch immer vor, obwohl sie kaum ein vollkommeneres Verfahren als die einfache Hebelführung ergibt, abgesehen davon, daß das erforderliche Gewirr von Bauteilen die Übersicht und damit das Steuern sehr erschwert. Die bei Hackfrüchten lebenswichtige tiefgehende Lockerung hat sich auch auf manchen Böden bei Halmfrüchten als wohltätig erwiesen. Man benutzt dazu die Hackmaschine mit tiefgehenden Meißeln als Werkzeug. Der höheren Beanspruchung entsprechend, führte dies zu einer Verstärkung des Rahmens oder Schaffung auswechselbarer verstärkter Messerbalken. Die Kraftanstrengung, die beim Steuern der tiefgehenden Meißel erheblich ist, haben S i e d e r s l e b e n & C o., Bernburg, durch Umwandlung des lotrechten Gelenkes in ein solches für wagerechtes Pendeln des Werkzeughebels vermindert, Abb. 26 bis 28.

Bei den D r i l l m a s c h i n e n gewahrt man ein steigende Vorliebe für Einheits-Säeräder mit Wechsel getriebe zur Veränderung der Aussaatmenge. Die Über legenheit dieses Verfahrens kommt auch in dem Berich über die kürzlich abgeschlossene Drillmaschinenprüfun der DLG zum Ausdruck. Die Maschinen mit ver schiebbarer Säewelle bleiben immer mehr den beschei denen Bedürfnissen, besonders auch kleinerer Besitze vorbehalten. Die Ansätze zu einer Tiefenregelung de Körnerlage bei der Aussaat lassen noch keine vollkom mene Wirkung erwarten. Die einzige auf den Markt ge brachte Einzelkorn-Säemaschine, die die Körner einzel in gleichen Abständen in der Reihe auslegen soll, konnt noch nicht den Beweis erbringen, daß sie die durch da biologisch ungleichförmige Saatgut gebotenen Schwierig keiten beherrscht und etwa besser arbeitet als eine gut normale Drillmaschine bei gleicher Aussaatmenge.

Bezüglich der Vorbereitung des Saatgutes für di Aussaat ist hervorzuheben, daß das B e i z e n d e s S a a t g u t e s mit staubförmigen Chemikalien sich immer meh neben dem mit wässerigen Lösungen von solchen einführ Diese sogenannte Trockenbeize ist für die Aussaat mit de Drillmaschine günstiger, weil naßgebeiztes Getreide, da nicht genügend ausgetrocknet ist, Schwierigkeiten bei Aussäen bietet; man ist aber bei der Naßbeize an die Ze kurz vor der Aussaat gebunden, weil das angefeuchtet Getreide sonst auskeimt. Das trockene Beizen kann da gegen zu jeder beliebigen Zeit, wenn gerade Arbeit kräfte frei sind, vorgenommen werden. Es ist sogar vo teilhaft, gleich nach dem Dreschen zu beizen, weil dadurc ein Krankheitsbefall während der Lagerung bis zu nächsten Saat von vornherein ausgeschieden ist. Mehrer Formen von Mischtonnen für die Trockenbeize wurde gezeigt. Die Firma Siedersleben & Co., Bernburg, bracht als Neuerung ein Gerät, das das trockene Beizen eine ununterbrochen fließenden Körnerstromes ermöglich Abb. 29 und 30. Im Grunde der oben liegenden Vorrat wanne für das Getreide läuft eine Förderschnecke, di einen gleichförmigen Körnerstrom in die Mischtromm fördert. Über der Einlaufstelle zur Mischtrommel i eine Art kleiner Schlitzdüngerstreuer angeordnet, der ei einstellbare, ebenfalls gleichförmige Menge Beizstaub dem Körnerstrome zufügt. Von der Seite kann man durc eine Klappe eine Schale unter den Beizstaubstreu bringen, um die Menge des zugefügten Beizmittels durc Abdrehprobe festzustellen.

Am wenigsten ist eine einheitliche Entwicklungslin bei den Düngerstreuern und bei den Kartoffelerntemasch nen zu erkennen. Beiden Gebieten werden die von d DLG ausgeschriebenen Hauptprüfungen darum zugu kommen.

Unter den D ü n g e r s t r e u e r n wurden die Schlit streuer wie auch die Walzen- und die Kettenstreu verbessert; bei allen Maschinen bestrebt man sich, d Innere des Kastens möglichst frei von irgendwelch Rührflügeln oder sonstigen Teilen zu halten, damit d Reinigung erleichtert und ein Verschmieren des Dünge vermieden wird. Man verhindert das „Bauen“, d. h. d Gewölbebildung des Düngers im Kasten, durch dauern Bewegung der Wandung und des Bodens, und zwar werd

Abb. 26 bis **28**
Meißel für Hackmaschinen von Siedersleben & Co., Bernburg

die Wände meist hin- und hergeschoben, oder der Boden durch den Mantel einer umlaufenden Walze gebildet. Damit der Dünger leicht nachrutscht, soll der Kasten nach unten in der Breite nicht zu sehr abnehmen. Das führt zu möglichst großen Durchmessern der Bodenwalze. Die Einstellung einer gleichmäßigen Schlitzbreite auf der ganzen Kastenlänge ist besonders bei breiten Maschinen für eine gleichmäßige Verteilung sehr wichtig und darum sorgfältiger ausgeführt als in früheren Jahren.

Die Erntemaschinen

Unter den Kartoffelrodemaschinen zeigten sich neben den schon im Vorjahr in mehreren Arten vorhandenen Siebradmaschinen mit einem wagerecht umlaufenden Stabrost und den altbekannten Maschinen mit Schleuderrad und mit gesteuerten Wurfgabeln solche, die die günstige Wirkung der Maschine von Quegwer, die in sich starre, aber durch Spiralfedern gefederte Gabeln hat, dadurch zu erreichen suchen, daß die Zinken des Schleuderrades aus möglichst langen Federstäben gebildet werden. Grundsätzliche Fortschritte läßt jedoch keine der Maschinen erkennen.

Für die Getreideernte wurden Hilfsmittel geschaffen, die dem kleinen Besitzer die Verwendung des Grasmähers dabei erleichtern sollen. Die einen wollen durch Haspeln den zweiten Mann für die Handablage sparen. Während früher hierzu Seilantrieb benutzt wurde, versucht man es jetzt mit Ketten- oder Zahnradantrieb. Die Firma Moritz Jahr, Gera, bringt zusammen mit der Firma W. Langenau, Kassel, eine billige Mähmaschine „Hexenmeister" mit 1067 mm gleich 3½ Fuß Schnittbreite für ein Zugtier, die mit Handablage, aber mit quadrantförmigem Ablegetisch versehen ist, Abb. 31. Der Kleinbesitzer benutzt sie ohne den Ablegetisch als Grasmäher wie jeden andern.

Bei der herkömmlichen Handablage am Grasmäher wird nun das Getreide hinter dem Messerbalken abgelegt. Da man aber nicht dulden kann, daß das Pferd auf das gemähte Getreide, Abb. 32, tritt, so müssen die Garben hinter der Maschine gebunden werden. Wenn das Binden, wie es zweckmäßig ist, mit dem Schneiden Schritt halten soll, so ist ausreichende Bedienungsmannschaft erforderlich. Beim „Hexenmeister" kann auf Vorrat hintereinander gemäht werden, weil die Garben in die Spur der Maschine selbst zu liegen kommen und der Weg für die nächste Fahrt frei ist, Abb. 33. Ist die Fläche fertig gemäht, so kann mit beliebig wenig Mannschaft hintereinander gebunden werden. Getreidemäher mit selbsttätiger Ablage haben schon immer solche quadrantförmigen Ablegetische gehabt.

Die International Harvester Co. zeigte einen neuen Schubstangenkopf für Grasmäher, der mit einem Griff am Messerbalkenkopf befestigt oder davon gelöst werden kann, Abb. 34 und 35. Eine Art Vorreiber wird durch eine stramme Feder mittels Drucknockens in die eine oder andre Stellung gepreßt. In der einen greift er über die Stiele der Kugelschalen der Schubstange und hält sie zusammen, in der andern geht er mit einem Keilfortsatz dazwischen und treibt sie auseinander. Zum Schleifen der Mähmesser werden jetzt schon von mehreren Seiten kleine elektrisch betriebene Maschinen angeboten. Sie bestehen aus dem Motor mit 0,1 bis 0,25 PS Leistung, einer biegsamen Welle und einer Reihe austauschbarer Werkzeuge: Schleifstein, Viehschere, Putzbürste u. a.

Abb. 31. Grasmäher mit quadrantförmigem Ablegetisch zum Getreidemähen von Moritz Jahr, Gera, und W. Langenau, Kassel

Den Nachteil der heutigen Schwadenwender, daß sie durch die hohe Arbeitsgeschwindigkeit der Zinken die besonders nährstoffreichen Spitzen und Blättchen des Heues abschlagen, will der Kleeschwadenwender „Spinne" der böhmischen Firma Josef Schulz, Pecky, vermeiden, Abb. 36. Er wälzt den Schwaden nicht durch zahlreiche Schläge um 180° herum, sondern seine Zinken greifen das Heu sanft an und sollen den Schwaden zwangläufig herumkippen, wobei jeder Schwadenteil nur mit einem Zinken in Berührung kommt.

Maschinen zur Veredelung und Bergung der Frucht

Die Dreschmaschinen wurden um die bemerkenswerte neue Bauart N 61 der Firma Lanz vermehrt, Abb. 37. Bei ihr wird der Versuch gemacht, Lang- und Kurzstroh auf einer Schüttlerfläche auszuschütteln. Dadurch wird das Reutersieb (Kurzstrohsieb) und der zweite Rücklaufboden gespart, also die schwingenden Massen vermindert und eine niedrigere Bauart erzielt. Da Lang- und Kurzstroh beim Pressen ohnehin wieder vereinigt werden, so ist diese Arbeitsweise von Vorteil. Auch wird die besondere Vorrichtung an der Strohpresse zur

Abb. 29 und 30. Ununterbrochen arbeitendes Beizgerät von Siedersleben & Co., Bernburg

Abb. 32 und 33. Arbeitweise beim Getreidemähen mit herkömmlichem Lattenrost mit quadrantförmigem Ablegetisch

Abb. 34. Geschlossen, von unten gesehen

Abb. 35. Beim Öffnen in Seitenansicht

Abb 34 und 35. Schubstangenkopf für Grasmäher der International Harvester Co. in Neuß

Vereinigung von Lang- und Kurzstroh überflüssig. Die Maschine ist mit dem im vorigen Jahre herausgebrachten Wurfentgranner ausgerüstet, so daß neben der langsam laufenden Welle des Sortierzylinders nur drei schnelllaufende Wellen vorhanden sind: die Trommelwelle, die Gebläse- und Wurfentgrannerwelle und die Kurbelwelle zum Schüttlerantrieb.

Für das Unterbringen der Halmfruchternte haben die Höhenförderer, Abb. 38, die Zeit, Arbeit und Leute sparen, große Bedeutung gewonnen. Sie sind darum zum Gegenstande einer Hauptprüfung der DLG gemacht worden. Die Förderrinne wird heute fast überall ausschiebbar gebaut, wie es für die Aufstellung zum Einbringen unter Dach durch Luken auch am zweckmäßigsten ist. Die ältere Bauart, bei der die Abwurfhälfte der Rinne aufgeklappt wurde, war mehr für den Diemenbau auf dem Felde gedacht; sie scheint im Aussterben zu sein. Bei den ausschiebbaren Förderern wird die Länge der beiden Förderketten, die die Mitnehmerrechen tragen, der Länge der Rinne durch Herausnehmen von Gliedern oder durch eine selbsttätig sich verändernde S-Schleife angepaßt, indem die eine Umführungsrolle für die Schleif[e] gleichförmig mit dem Ausschieben der Rinne nachgelasse[n] wird. Diese Art dürfte wegen ihrer Bequemlichkeit un[d] Zeitersparnis in Zukunft herrschend werden. Die Halm[e] werden in langen Scheunen durch fest eingebaute Läng[s]förderer verteilt, auf die der Höhenförderer das Stro[h] oder Heu wirft. Für Scheunen mit großer Grundfläch[e] und wo das Stroh regellos, d. h. nicht in Ballen oder Ga[r]ben gestapelt werden kann, ist jedoch die Druckluft- od[er] Saugluft-Förderung bequemer und anschmiegsamer. Die[se] ganz neuzeitliche Förderweise fand darum mehrfach auc[h] für diese Zwecke ihre Verwirklichung. Man verzicht[et] hier auf die teure Schleuse zur Einführung des Gut[es] in den Luftstrom; die Gebläse sind vielmehr — notfalls z[u]ungunsten des Wirkungsgrades — so auszubilden, da[ß] sie die Halme beim Durchsaugen nicht zu sehr ze[r]schlagen.

Langstroh wird zweckmäßig vor dem Gebläse [i]n etwa 20 cm lange Stücke geschnitten. Es eignet sich dar[um] auch besser zur Stallstreu, weil es dadurch für die Jauch[e] aufnahmefähiger wird. Solche Streustrohschne[i]der, mit dem Gebläse in einer Maschine vereinig[t], führen sich recht gut ein. Für Heu- und Kurzstroh kan[n] das Gebläse für sich allein benutzt werden. Die Mess[er] und Gegenschneiden sind in festen Abständen so ang[...]

Abb. 36. Kleeschwadenwender „Spinne“ von Josef Schulz, Pecky, Böhmen

Abb. 37. Dreschmaschine N 61 von Heinrich Lanz mit vereinigtem Lang- und Kurzstrohsieb

a Einlegeöffnung
b Entgrannereinsatz
c Entgrannerkopf
d Pendelrost
e Staubrohr
Dreschkorb
g Dreschtrommel
h Wechselsiebe
i 2. Putzwerk
k 2. Wind
l Windklappe
m Körnerausläufe
n Sortierzylinder
o Schwingsiebschüttler für Lang- und Kurzstroh
p Rücklaufboden
q Kaffsieb
r 1. Putzwerk
s Gebläse
t Körnerkanal
u Unkrautsiebe
v Wechselsiebe
w Spreuauslauf
x Wurfelevator mit Entgranner
y Strohablauf

Abb. 38. Ausschiebbarer Höhenförderer für Halmfrüchte der Maschinenzentrale, Rathenow

ordnet, daß entweder die Gegenschneiden umlaufen und die Messer feststehen, oder umgekehrt. Kurzes Futterhäcksel, wie es die Häckselmaschine liefert, wird bereits seit langem durch hinter die Messerradgehäuse geschaltete Gebläse gefördert. Für kurze Förderweiten hatte man auch einfache Gebläseflügel auf dem Messerrade selbst angeordnet und dessen Gehäuse als Gebläse benutzt. Seit etwa zwei Jahren liefert die Firma Kemna eine Häckselmaschine, deren Messerradgehäuse in die Druckleitung eines Gebläses eingeschaltet ist, so daß die Häckselmaschine selbst das Stroh in Form von Häcksel in die Druckluftleitung einschleust, vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1236.

In der Verarbeitung des Saatgutes hat die Firma Flammger, Zudse & Co., Dresden, einen Fortschritt durch Leistungsteigerung des Zylindertrieurs erzielt. Die Neuerung besteht in eingebauten Leitflächen, die eine längere Berührung der auszusondernden Körner mit dem Mantel und dadurch eine vollständigere Füllung und bessere Ausnutzung der taschenförmigen Zellen bewirken, Abb. 39.

Abb. 39. Hochleistungs-Zylindertrieur von Flammger, Zudse & Co.

Verschiedenes

Die mit außerordentlichem Erfolge eingeführten Schleuderkraft-Jauchepumpen sind um eine beachtenswerte Bauart vermehrt worden. Diese Pumpe ist im Saugkorb eingebaut und wird durch eine senkrechte in der Druckleitung liegende Welle von oben her angetrieben, Abb. 40 und 41. Die beiden Schraubenflügel geben guten Durchgang für Schlamm und Fremdkörper und die Lage der Pumpe innerhalb der zu fördernden Jauche erspart das Füllen des Pumpengehäuses und der Saugleitung vor Inbetriebsetzung. Da bei den üblichen Pumpen dieser Art nach einiger Benutzungszeit oder infolge eingeklemmter Fremdkörper die Fußventile nicht immer gut schließen, laufen sie in der Zeit zwischen dem Füllen zweier Jauchewagen oft leer, so daß eine Firma eine Handkolbenpumpe nur zum Füllen anbaute.

Für die bei dem umfangreichen Rübenbau in Schlesien sehr verbreiteten Feldbahnen brachte die Feldbahnfabrik Jürges, Rostock, eine auf dem Feldbahn-

Abb. 41. Teile der Jauchepumpe nach Abb. 40

Abb. 40. Jauchepumpe von. Joh. Fischer & Cie., Illertissen

Abb. 42 bis 44. Verschiebbare Laderampe für Feldbahnwagen von Conrad Jürges, Rostock

gleis verschiebbare Verladerampe, Abb. 42 bis 44, die berufen scheint, für viele Betriebverhältnisse eine Lücke im ländlichen Förderwesen auszufüllen. Die Rübenwagen werden mittels Handwinde auf die Plattform der Rampe gezogen, dort festgeklammert und durch eine Kippvorrichtung zur Seite ausgeleert.

Maschinenelemente von Landmaschinen

Bei zusammenfassender Betrachtung der Landmaschinentechnik zeigt sich eine Leitlinie, die in der andern Technik nirgends so ausgeprägt erscheint: „Das Gerade-Gut-Genug-Bauen". Für die Landmaschinen, die einesteils für den ausnehmend rauhen Betrieb in der Landwirtschaft so grob wie möglich gestaltet sein sollen und andernteils jedes Jahr nur wenige Wochen, ja oft nur wenige Tage in Betrieb sind, ist dies nicht gerade überraschend. Doch müssen wir damit rechnen, daß wir angesichts der Entwicklung in Ländern ohne Überlieferung auch auf andern Gebieten dahin gedrängt werden, den Wert eines Gebrauchsgegenstandes nicht mehr in seiner erstklassigen Ausführung zu sehen, sondern in seiner rücksichtlosen Zweckmäßigkeit und der Höhe des Gewinnsaldos bei seiner Wirtschaftlichkeitsbilanz.

Es dürfte daher allgemein von Bedeutung sein, wenn man in Abb. 45 bis 48 einige Maschinenelemente findet, die in sinngemäß richtiger Änderung der Abmessungen auch sonst im Maschinenbau sehr wohl angewendet werden könnten. Die Teile, Abb. 45 bis 48 sind aus einem Stück Flacheisen gefertigt, aus dem in der Mitte ein rechteckiger Längsschlitz ausgestanzt ist. In Abb. 45 und 46 ist das T-Eisen der Mittelpfeiler eines Kultivator-Vorderwagens und das Flacheisen dient als Klampe zur Anbringung des Zugzeuges. In Abb. 47 und 48 dient dieses U-förmig gebogene Flacheisen als Kurbelarm, der bei Drehung der Vierkantwelle eine Schubstange betätigt. In Abb. 49 und 50 findet man eine einfache zugfeste und

Abb. 45 bis 57. Landmaschinenelemente

Abb. 58. Winkelräder für veränderliche Achsenwinkel

innerhalb der Knickgrenze druckfeste Verbindungstange für veränderliche Länge. Die Flachgewindespindel, Abb. 51 und 52, betätigt den Doppelflacheisenhebel mittels einer Mutter, die aus einem kurzen Stück Rundeisen besteht, das als einzige Bearbeitung das Gewindeloch erhält. Es kann aus den Augen des Hebels nicht heraus, wenn die Spindel eingeschraubt ist. Daß die Spindel meist an einem der Augen anliegen dürfte, ist durch die Grobheit des Gewindes und Bemessung der Teile berücksichtigt; die Spindel wird außerdem selten gedreht. Die Anwerfkurbel des Cletrac-Motors nach Abb. 53 und 54 dürfte an Einfachheit und Billigkeit kaum zu unterbieten sein. Vierkantwellen haben, besonders für Stellhebelachsen (siehe auch Abb. 47 und 48) ihre Vorzüge vor zylindrischen: Bei gleicher Abmessung haben sie gleiche Drehungsfestigkeit, 66 vH mehr Biegungsfestigkeit (nicht zusammengesetzt) und nur 25 vH mehr Gewicht. Außerdem spart man das Nutenziehen. Abb. 55 zeigt, wie man bei im Betriebe um weniger als 360° verdrehten Stellhebel-Achsen die Lagerung an beliebiger Stelle vornimmt. Weder Büchse noch Lager der Bajonettverriegelung sind hier bearbeitet. Der Schubstangenkopf mit angegossenem Kurbelzapfen, Abb. 56, hält die den Kurbelarm bildenden Flacheisen mittels der gleichen Bajonett- oder Kanonenverriegelung. Sie ist offenbar billiger als zwei Splinte und das Bohren zweier Löcher. Unter gewissen Bedingungen ist es billiger, die Kurbelwelle, Abb. 57 (für einen Gabelheuwender), aus U-Stücken stumpf zusammenzuschweißen, die auf einer kleinen Vorrichtung gebogen sind, als die ganze Welle auf einer großen Form zu biegen.

Ein bemerkenswerter Maschinenteil ist auch die Universal-Gelenkwelle, Abb. 58, die an Stelle der sonst üblichen biegsamen Welle an einer Schermaschine der Firma Max Kanold, Hamburg, angebracht ist. Man benutzt als Kronen-, Kegel- und Stirnrad verwendbare Kegelräder. Die Zahnform ist so gerundet, daß der Eingriff bei beliebiger Knickung durch die Achse des Schalengelenkes geht. Die Anordnung ist bei geringen Drehmomenten vielleicht billiger und dauerhafter als die biegsame Welle und ist frei von der ungleichförmigen Geschwindigkeitsübertragung des Kreuzgelenkes.

[B 2256]

Nockenform und Ventilbewegung

mit besonderer Berücksichtigung der Verbrennungsmotoren

Von Dr.-Ing. Max Ringwald, Augsburg

Die Bewegungsgesetze für die meist gebräuchlichen Nockenformen werden zusammengestellt und die für den Aufbau des Nockens maßgebenden Gesichtspunkte entwickelt.

Es sind Verfahren bekannt, um zu einer gegebenen Nockenform die Beschleunigungslinie der angetriebenen Steuerungsteile oder zu einer bestimmten angenommenen Beschleunigungslinie die zugehörige Nockenform zu finden. In der Praxis haben sich diese Verfahren wenig eingebürgert. Vielfach wählt der Konstrukteur die Nockenform auf Grund einfacher Überlegungen oder in Anlehnung an bewährte Vorbilder, prüft höchstens noch die Weglinie, selten die Beschleunigungslinie der Steuerung nach und sucht erst mit den bekannten Mitteln Abhilfe zu schaffen, wenn nach der Inbetriebsetzung die Steuerung klappert. Dabei wird zuweilen die Ursache der Störung nicht einmal richtig erkannt, und ihre Beseitigung gelingt nur durch Herumtasten. Man kommt damit um so leichter durch, als sich die nachträglichen Änderungen meist leicht durchführen lassen. Für weitaus die meisten Fälle kann man jedoch im voraus alles für den Konstrukteur Wissenswerte analytisch ermitteln, so daß der Weg des Tastens verlassen werden kann, ohne daß man erst für jeden Nocken zeitraubende Ermittlungen machen muß.

In erster Annäherung kann man eine Linie der Ventilerhebungen meist als Sinuslinie ansehen. Bei konstanter Winkelgeschwindigkeit des Nockens ist

$$\varphi = \omega t, \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega = \frac{\pi n}{30} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

wobei n die Drehzahl der Nockenwelle ist. Nach Abb. 1 ist

$$y = h \sin^2 \frac{\pi \varphi}{2\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

$$v = \frac{dy}{dt} = \frac{\pi h \omega}{2\alpha} \sin \frac{\pi \varphi}{\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$b = \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{\pi^2 h \omega^2}{2\alpha^2} \cos \frac{\pi \varphi}{\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

In Abb. 2 ist der Verlauf von y, v und b aufgetragen. Bei der Ventilerhebung lassen sich hinsichtlich der Beschleunigung des Gestänges vier Zeitabschnitte unterscheiden:

1. Beschleunigung vom Anhub bis zur Höchstgeschwindigkeit,
2. Verzögerung bis zur Erreichung des höchsten Hubes, der Bewegungsumkehr des Steuergestänges,
3. weitere Verzögerung bis zur höchsten Rücklaufgeschwindigkeit,
4. Beschleunigung entgegen der Rücklaufgeschwindigkeit bis zur Ruhelage.

Dabei ist der Zuwachs an Geschwindigkeit von der Nockenwelle weg als Beschleunigung, der Zuwachs an Geschwindigkeit nach der Nockenwelle zu als Verzögerung bezeichnet. In diese vier Zeitabschnitte läßt sich jede Ventilerhebung gliedern, wie immer die Erhebung im einzelnen verlaufen mag. Die Teile der Nockenbahn, die nahe der An- und Ablaufstelle liegen, haben also die Kraft zur Beschleunigung der Ventil- und Gestängemassen und zur Überwindung der Federkraft zu übertragen. Während der Zeit dagegen, wo die Rolle über die Kuppe des Nockens läuft, erfährt das Gestänge eine Verzögerung, die durch Federkräfte aufgebracht werden muß. Von Nocken zu Rolle braucht also nur der Rest der Federkraft übertragen zu werden, der für das Beschleunigen der Massen nicht aufgezehrt wird. Inwieweit die sonst noch mitwirkenden Kräfte: Gewichte, Reibung und der Gasdruck auf den Ventilteller, berücksichtigt werden müssen, hat der Konstrukteur von Fall zu Fall zu entscheiden. Bei schnellaufenden Maschinen kann man sie meist vernachlässigen. Im folgenden sind immer nur die Massenkräfte und die Federkräfte in Betracht gezogen.

Die Beschleunigungslinie der Abb. 2 zeigt, daß die größte Beschleunigung an der An- und Ablaufstelle, die größte Verzögerung an der Stelle der höchsten Erhebung auftritt. Beim Sinusnocken unterscheiden sich diese beiden Höchstwerte nur durch das Vorzeichen. Nach Gl. (4) betragen sie

$$b_{max} = - b_{min} = \frac{\pi^2 h \omega^2}{2\alpha^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Für den Konstrukteur genügt es meist, die Höchstwerte zu kennen, weil er nur mit diesen zu rechnen hat. Die Aufzeichnung der ganzen Beschleunigungslinie kann also in all den Fällen unterbleiben, wo man auf einfache Weise die Höchstwerte oder jene Werte der Beschleunigung, auf die es sonst besonders ankommt, ermitteln kann. Dies ist aber, wie nachher gezeigt wird, für die Mehrzahl der praktisch vorkommenden Nockenformen möglich.

Gl. (5) zeigt, daß bei der einfachen Sinusbewegung die Beschleunigungen und somit auch deren Höchstwerte vom Nockendurchmesser unabhängig sind. Diese Formel eignet sich daher insbesondere für Überschläge bei Entwürfen.

Man braucht nur zu kennen:

den Hub h der Steuerrolle,
die Drehzahl n der Steuerwelle,
den Eröffnungswinkel 2α des Ventils,

um sofort die größte Ventilbeschleunigung angeben zu können.

Beim Entwurf eines Nockenpaares für Ein- und Auslaß wird meist nur der Einlaßnocken konstruiert, weil das Einlaßventil den kleineren Eröffnungswinkel hat. Der Auslaßnocken wird dann aus dem Einlaßnocken dadurch erzeugt, daß man den Winkel 2α des Einlaßnockens in der Mitte durchschneidet, auseinanderklappt und den entstehenden Ausschnitt durch einen Rastbogen ausfüllt, über den die Steuerrolle mit $v = 0$ und $b = 0$ hinwegläuft. Es steht natürlich nichts im Wege, den Auslaßnocken gesondert aufzubauen, aber im allgemeinen genügt selbst bei schnellaufenden (Fahrzeug-) Maschinen das angegebene Verfahren, um so mehr, als man auch aus andern Gründen gern gleiche Ventilfedern für Ein- und Auslaß verwendet. Eine Herabminderung der größten Verzögerungskraft beim Auslaßventil unter den für das Einlaßventil unumgänglichen Wert bietet daher meist keinen Vorteil.

Beim Nocken ohne toten Gang schwankt der wirkliche Eröffnungswinkel 2α der Einlaßventile selbst bei Maschinen von ganz verschiedener Bauart nur in

Abb. 1. Erklärung der Bezeichnungen zu Gl. (1) bis (4)

Abb. 2. Verlauf von Hub, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Rolle bei Nockentrieben nach Gl. (2) bis (4)

sehr engen Grenzen. Er beträgt bei langsamlaufenden Maschinen etwa 100° und steigt bei Schnelläufern bis 110°. Aus Gl. (5) wird im Hinblick auf Gl. (1)

$$b_{max} = \pm \left(\frac{\pi}{\alpha}\right)^2 \frac{h\, n^2}{182{,}4} = \pm \frac{h\, n^2}{Z} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (6),$$

wobei für

$2\alpha = 100°$ 105° 110°
$Z = 14{,}1$ 15,5 17.

Die überschlägliche Ermittlung der größten Verzögerung bei einer erst zu entwerfenden Steuerung ist also in der Tat äußerst einfach und dabei sogar exakt, sobald man die Sinusbewegung für die Steuerung wirklich durchführt, was natürlich jederzeit möglich ist. Es wird jedoch nachher gezeigt werden, daß es meist gelingt, die Nocken so zu formen, daß die wirkliche Höchstbeschleunigung noch etwas unter der Höchstbeschleunigung für die Sinusbewegung bleibt.

Den Nocken zur Erzeugung der Sinusbewegung entwirft man in der Weise, daß man auf einer beliebigen Anzahl von Halbmessern des Nockens die Werte y nach Gl. (2) aufträgt und die zugehörigen Rollenkreise zeichnet, Abb. 1. Die Umhüllungskurve der Rollenkreise gibt die Nockenform. Die entstehende Linie ist die Äquidistante einer Polarsinoide.

Der Druck zwischen Nocken- und Steuerrolle in der Bewegungsrichtung ist

$$P = b\, M + F \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7).$$

Dabei ist M die Masse von Ventil, Stößel usw. Wird die Stößelbewegung, wie vielfach bei stehenden Maschinen, durch einen Hebel in eine andre Richtung umgelenkt, so ist M die auf den Stößel reduzierte Gesamtmasse. F ist die Kraft oder die reduzierte Kraft der Ventilfeder, gegebenenfalls auch die von mehreren Federn zusammen ausgeübte Kraft. Wird P negativ, so springt die Rolle vom Nocken ab. und die Steuerung klappert. Das kann nur vorkommen, wenn b negativ ist. Daher bestimmt sich die erforderliche Federkraft aus der größten Verzögerung nach

$$F > b\, M \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8).$$

Das Maß des Überschusses bestimmen die auf das Ventil sonst noch wirkenden Kräfte.

Die größte zwischen Nocken und Rolle zu übertragende Kraft ist

$$P' = \frac{P}{\cos \zeta} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (9),$$

Abb. 1. Der Höchstwert tritt auf, während b positiv ist. Er braucht nicht unbedingt mit b_{max} zusammenzufallen. Beim fertigen Entwurf muß die Zulässigkeit von P' nach den Hertzschen Gleichungen[1]) nachgeprüft werden.

[1]) Vergl. Hütte 25. Aufl. I S. 570.

Abb. 3. Verlauf von Hub, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Rolle bei Nockentrieben nach Gl. (10) bis (12)

Abb. 4. Beschleunigungslinie bei geradliniger Anstiegbahn und kreisförmiger Kuppe

Bei der Sinusbewegung treten die Höchstwerte von P' für die Auflaufstellung und die Ablaufstellung des Nockens zugleich mit b_{max} auf. Bei einem ideal arbeitenden Nockentrieb ohne toten Gang würde dies nicht stören. Da aber praktisch fast jeder Nockentrieb toten Gang erhalten **muß**, so bildet die hohe Anfangsbeschleunigung und die gleich zu Anfang rasch ansteigende Geschwindigkeit den Hauptnachteil des Sinusnockens.

Bestehorn hat daher einen Nocken nach einer andern Sinusfunktion vorgeschlagen. Mit den Bezeichnungen von Abb. 1 ergibt dieser Nocken folgende Bewegungsverhältnisse:

$$y = h \left(\frac{\varphi}{\alpha} - \frac{\sin \frac{2\pi\varphi}{\alpha}}{2\pi} \right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

$$v = \frac{2\,\omega\, h}{\alpha} \sin^2 \frac{\pi\varphi}{\alpha} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11)$$

$$b = \frac{2\pi\,\omega^2 h}{\alpha^2} \sin \frac{2\pi\varphi}{\alpha} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (12).$$

Gl. (10) bis (12) gelten nur für $0 \leq \varphi \leq \alpha$. Für das Gebiet $\alpha \leq \varphi \leq 2\alpha$ sind sie durch andre zu ersetzen, die hier weggelassen wurden, da sie zur Darstellung der Zusammenhänge entbehrlich sind. Der Verlauf von y, v und b ist in Abb. 3 dargestellt. Wie ersichtlich, steigt die Geschwindigkeit zu Beginn der Bewegung viel sanfter an. Die Anfangsbeschleunigung ist 0. Der Auflaufstoß wird wesentlich gemildert. Die Lage der Höchstwerte von Beschleunigung und Verzögerung ist gegenüber der gewöhnlichen Sinusbewegung verschoben.

Dagegen ergibt sich aus Gl. (4) und (12)

$$\frac{b_{max\,(12)}}{b_{max\,(4)}} = \frac{4\,\pi}{\pi^2} = 1{,}275 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (13).$$

Die Höchstwerte der Beschleunigung und Verzögerung sind beim Bestehorn-Nocken um 27,5 vH größer als beim Sinusnocken. Da bei schnellaufenden Maschinen die Stärke der Ventilfedern ohnedies schon recht störend wird, so ist eine Steigerung in diesem Ausmaß unter Umständen entscheidend. In vielen Fällen, insbesondere bei langsamlaufenden Maschinen, wird aber dieser Nocken gute Dienste tun.

Beim Entwurf einer Steuerung sind im allgemeinen der Eröffnungswinkel 2α, die Drehzahl n und der Nockenhub h gegeben. Zuweilen kann man über den Nockenhub in gewissen Grenzen verfügen, wenn er nämlich nicht gleich dem Ventilhub zu sein braucht, d. h. wenn eine Übersetzung zwischengeschaltet ist.

Sind α und h gegeben, so ist es das Nächstliegende, den Nocken aus zwei Tangenten an den Grundkreis und der eindeutig bestimmten kreisförmigen Kuppe auszubilden, Abb. 4. Dann ist

$$S + \varrho = R + h \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (14)$$

$$S \cos\alpha + \varrho = R \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (15).$$

Damit ein solcher Nocken ausgeführt werden kann, muß

$$R > h \frac{\cos\alpha}{1 - \cos\alpha} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (16)$$

sein. Derartige Nocken sind sehr häufig in Betrieb und genügen vielfach den Anforderungen.

Geradlinige Nockenbahn

Mit Bezug auf Abb. 5 ist

$$y = \frac{R + r}{\cos\varphi} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (17)$$

$$v = \omega\, y \operatorname{tg}\varphi = \frac{\omega\,(R + r)\sin\varphi}{\cos^2\varphi} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (18)$$

$$b = \omega^2 y\,(1 + 2\operatorname{tg}^2\varphi) = \omega^2 (R + r) \frac{1 + \sin^2\varphi}{\cos^3\varphi} \quad . \; . \quad (19).$$

Die Winkelfunktion beträgt für

$\varphi =$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$\frac{1 + \sin^2\varphi}{\cos^3\varphi} =$	1,0	1,076	1,344	1,926	3,144	5,96	14,0

und ist in Abb. 6 dargestellt. Diese Linie gibt die Beschleunigungen für $\omega^2 (R + r) = 1$ und gilt für alle geradlinigen Nockenbahnen, wenn man den Maßstab der

Abb. 5. Geradlinige Nockenbahn

Abb. 7. Kreisförmige Nockenkuppe

Abb. 8. Konvex kreisförmiges Bahnstück

Abb. 9. Konkav kreisförmiges Bahnstück

Abb. 6. Beschleunigung auf der geradlinigen Nockenbahn für $\omega^2 (R + r) = 1$

Ordinaten entsprechend ändert. Für den Punkt, wo die Rolle vom Grundkreis auf die tangential ansetzende geradlinige Nockenbahn übergeht, wird die Winkelfunktion = 1, also:

$$b_0 = \omega^2 (R+r) = \frac{n^2}{91{,}2}(R+r) \quad (20).$$

Praktisch wird nur in ganz außergewöhnlichen Fällen für geradlinige Nockenstrecken $\varphi > 25°$, weil sonst die Seitendrücke auf das Steuergestänge (Gleitbahndrücke bei der Stößelführung) zu hoch werden. Für $\varphi = 25°$ wird

$$b_1 = 1{,}583\, b_0 \quad . \; . \; (21).$$

Auf einer geradlinigen Nockenstrecke ist also die Beschleunigung immer positiv, d. h. vom Nocken weggerichtet, einerlei, ob die Bahn aufsteigend oder absteigend durchlaufen wird. Die Beschleunigung nimmt zu, wenn sich die Rolle von der Nockenwelle entfernt. und nimmt ab, wenn sich die Rolle der Nockenwelle nähert. Im Auflaufpunkt ist die Beschleunigung zwar nicht am größten, aber trotzdem ist dieser Punkt in den meisten Fällen wegen des Auflaufstoßes für die Brauchbarkeit des tangentialen Anhubstückes maßgebend.

Kreisförmige Nockenbahn

Mit Bezug auf Abb. 7 bis 9 ist

$$y = (\varrho \pm r)\cos\zeta + S\cos\varphi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (22)$$

$$(\varrho \pm r)\sin\zeta = S\sin\varphi \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (23)$$

$$y^2 - 2\,y\,S\cos\varphi + S^2 - (\varrho \pm r)^2 = 0 \quad . \; . \; . \; . \; (24).$$

Das positive Vorzeichen bezieht sich auf die konvexe, Abb. 7 und 8, das negative auf die konkave Nockenbahn, Abb. 9. Die Bewegungsverhältnisse sind die des normalen Schubkurbelgetriebes, wie bereits H a r t m a n n dargetan hat und wie aus Abb. 7 bis 9 unmittelbar ersichtlich ist. Nach der „Hütte" ist

$$v = -\omega S \frac{\sin(\varphi + \zeta)}{\cos\zeta} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (25)$$

$$b = -\omega^2 S \frac{\cos(\varphi + \zeta)}{\cos\zeta} + \lambda \frac{\cos^2\varphi}{\cos^3\zeta} \quad . \; . \; . \; . \; (26),$$

wobei

$$\lambda = \frac{S}{\varrho \pm r}.$$

Von besonderem Interesse sind, ganz wie beim Kurbelgetriebe, die Grenzfälle, die den Strecklagen entsprechen. Nach Abb. 7 ist für $\varphi = 0$

$$b_0 = -\omega^2 S\left[1 + \frac{S}{\varrho + r}\right] = -\frac{n^2 S}{91{,}2}\left[1 + \frac{S}{\varrho + r}\right] \quad . \; (27).$$

Nach Abb. 8 für $\varphi = \pi$, $\zeta = 0$

$$b = \omega^2 S\left[1 - \frac{S}{\varrho + r}\right] = \frac{n^2 S}{91{,}2}\left[1 - \frac{S}{\varrho + r}\right] \quad . \; . \; (28).$$

Nach Abb. 9 für $\varphi = 0$

$$b_0 = \omega^2 S\left[\frac{S}{\varrho - r} - 1\right] = \frac{n^2 S}{91{,}2}\left[\frac{S}{\varrho - r} - 1\right] \quad . \; . \; (29).$$

Abb. 7 entspricht dem Lauf der Steuerrolle über eine kreisförmige Nockenkuppe. Während dieses Weges erfährt die Rolle eine Verzögerung. Ist $\lambda < 1$, was dem Regelfall entspricht, so ist die Verzögerung nach Gl. (27) die höchste auftretende Verzögerung. Den sonstigen Verlauf der Verzögerungs- bzw. Beschleunigungslinie braucht man somit nicht aufzuzeichnen. Ist $\lambda > 1$, so empfiehlt es sich, nachzuprüfen, ob nicht ein weit von der Nockenkuppe entfernter Punkt eine größere Verzögerung ergibt. Auch in diesem Fall ist es meist unnötig, den ganzen Verlauf der Beschleunigungslinie aufzuzeichnen. Nur der Höchstwert, der nach Gl. (27) für den Regelfall in einfachster Weise bestimmbar ist, interessiert den Konstrukteur, da er für die Bemessung der Ventilfeder bestimmend ist, Gl. (8).

Abb. 8 und 9 stellen Auflaufbahnen dar, die sich in den betrachteten Grenzlagen tangential vom Grundkreis lösen. Diese kreisförmigen Auflaufbahnen können an die Stelle der geradlinigen Auflaufbahn treten. Abb. 8 entspricht einem sanfteren, Abb. 9 einem steileren Anhub als die geradlinige Auflaufbahn. Bei der konvexen Auflaufbahn ist die Anfangsbeschleunigung nach Gl. (28) zugleich Höchstwert, der mit wachsendem Anhub langsam abfällt. Der weitere Verlauf der Beschleunigungslinie braucht also hier nicht mehr nachgeprüft zu werden. Wie stark der kreisförmige Auflaufbogen die Anfangsbeschleunigung gegenüber der tangentialen Auflaufbahn herabmindert, erkennt man, wenn man in Gl. (28) $\varrho = R + S$ setzt und die Gleichung mit Gl. (20) ins Verhältnis bringt. Es wird dann

$$\frac{b_{\max\,(28)}}{b_{\max\,(20)}} = \frac{S}{S + R + r} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (28\text{b}).$$

Ist z. B. $R = r$ und $S = R/3$, was durchaus normal ist, so wird

$$\frac{b_{\max\,(28)}}{b_{\max\,(20)}} = \frac{1}{7},$$

d. h. die Auflaufbeschleunigung wird durch Verwendung der Kreisbahn an Stelle der tangentialen Bahn auf ein Siebentel herabgedrückt. Für $S = R = r$ wird das Verhältnis immer noch ein Drittel.

Umgekehrt erhöht die konkave Kreisbahn die Auflaufbeschleunigung, und ferner steigt bei ihr die Beschleunigung mit wachsendem Anhub. Hier ist es nicht angebracht, bloß die Anfangsbeschleunigung nach Gl. (29) zu rechnen. Mindestens für den Augenblick, wo die Rolle auf dem obersten Punkt der konkaven Bahn steht, muß die Beschleunigung und auch die zu übertragende Kraft nach Gl. (9) nachgepüft werden. Die konvexe Auflaufbahn darf man nur mit Vorsicht verwenden, zumal sie

auch aus Gründen der Herstellung nicht erwünscht ist. Sie ist insbesondere dort am Platz, wo die angetriebenen Organe ein spielfreies Laufen der Rolle auf den Grundkreis gestatten.

Nocken mit geradliniger Auflaufbahn und kreisförmiger Kuppe

Für einen Fahrzeugmotor mit einer Höchstdrehzahl der Kurbelwelle von 3300 Uml./min sei ein Einlaßnocken zu entwerfen. Mit Bezug auf Abb. 4, 6 und 7 ist

$$2\,\alpha = 112^\circ,\ R = 0{,}014\,\text{m},\ r = 0{,}014\,\text{m},\ h = 0{,}0056\,\text{m}.$$

Aus Gl. (14) und (15) findet man

$$S = 0{,}0127,\ \varrho = 0{,}0069.$$

Nach Gl. (20) ist die Auflaufbeschleunigung $b_{(20)} = 835\,\text{m/s}^2$. Nach Gl. (27) ist die größte Verzögerung auf dem Scheitel des Nockens $b_{\max\,(27)} = -609\,\text{m/s}^2$.

Der Nocken ist mit seiner Beschleunigungslinie in Abb. 4 wiedergegeben. Hätte man den normalen Sinusnocken verwendet, so wäre die größte Beschleunigung gleich der größten Verzögerung $b_{\max\,(5)} = \pm 860\,\text{m/s}^2$.

Danach wäre der normale Sinusnocken für die beiden entscheidenden Punkte weniger günstig als der aus Kreisbogen und Tangenten hergestellte Nocken. Im übrigen wären für den gedachten Zweck beide Nocken nicht verwendbar. Beim Nocken nach Abb. 4 kann die größte Verzögerung von mehr als $600\,\text{m/s}^2$ leicht durch die Kraft der Ventilfeder und gegebenenfalls einer Zusatzfeder aufgebracht werden. Auch die größte Beschleunigung von $1122\,\text{m/s}^2$ kann durch die von Nocken zu Rolle wirkende Druckkraft ohne Schaden erzielt werden. Entscheidend für das Versagen des Nockens bei dieser Drehzahl ist die wesentlich geringere Beschleunigung von $835\,\text{m/s}^2$ an der Auflaufstelle oder vielmehr das rasche Ansteigen der Geschwindigkeit beim Anhub. Der Nocken schlägt beim Auflaufen.

Dämpfung des Auflaufstoßes

Bei jedem Ventilantrieb muß ein Spiel zwischen Nockengrundkreis und Antriebrolle bleiben, damit sich das Ventil sicher aufsetzt. Die Größe dieses Spieles hängt von der Größe und Bauart der Maschine, von ihrem Betriebzustand (Erwärmung), dem Abnutzungszustand und der Sorgfalt der Bedienung ab. Güldner[1]) hat an Dieselmotoren von 35 bis 100 PS Zylinderleistung und 180 bis 225 Uml./min bei Ein- und Auslaßnocken Spiele zwischen 0,2 und 0,5 mm gemessen. Für kleine Fahrzeugmotoren kann man mit 0,1 bis 0,4 mm rechnen.

Wenn der Nocken auf die Rolle auftrifft, so muß sie mit den mit ihr verbundenen Massen sehr rasch eine endliche Geschwindigkeit annehmen. Es entsteht ein „Stoß", und zwar ein als vollkommen elastisch anzusehender Stoß, was schon daraus hervorgeht, daß die Steuerung Millionen derartiger Stöße erträgt, ohne zu brechen. Ist $M\,v$ das Maß für die Stärke der Stoßkraft, so ist die Stoßkraft verhältnisgleich mit der Geschwindigkeit, die die Rolle beim Auftreffen auf den Nocken theoretisch bereits haben sollte.

Ist z. B. bei dem Nocken nach Abb. 4 die Rolle auf ein Spiel von 0,25 mm eingestellt, so findet sich aus Gl. (17) und (18), daß der Nocken die Rolle erst 8° hinter dem theoretischen Auflaufpunkt, also bei $\varphi = 8^\circ$, berührt. Hier müßte die Rolle bereits die Geschwindigkeit $v = 0{,}677\,\text{m/s}$ haben, während die Höchstgeschwindigkeit, die bei $\varphi = 20^\circ$ erreicht wird, $v = 1{,}87\,\text{m/s}$ beträgt. Ein Stoß mit fast 0,7 m/s Geschwindigkeit verursacht einen unerträglich lauten Gang, wenn nicht gar Zerstörungen der Steuerung.

Man muß also eine Auflaufkurve suchen, die ein wesentlich sanfteres Ansteigen der Geschwindigkeit mit sich bringt als die Tangente an den Grundkreis. Besonders eignet sich hierfür die konvexe Kreisbahn, die sich tangential an den Grundkreis anschließt, Abb. 8. Das Anheben ist um so sanfter, je näher der Mittelpunkt der Kreisbahn an die Achse der Nockenwelle heranrückt, je kleiner also $S : R$ ist. Für gute Nocken mit hoher Drehzahl liegt dieses Verhältnis zwischen 1 : 3 und 1 : 4.

[1]) a. a. O. (s. S. 52 dieses Heftes) S. 56.

Im vorliegenden Beispiel ist $S = 4\,\text{mm}$ gewählt worden für $R = 14\,\text{mm}$. Bei 0,25 mm Rollenspiel beträgt im Augenblick des Auflaufens die theoretische Geschwindigkeit der Rolle erst 0,24 m/s, also fast nur ⅓ der für die tangentiale Auflaufbahn errechneten [Gl. (22) und (25)]. Ist das Spiel kleiner als 0,25 mm, so ist der Vorteil gegenüber der tangentialen Auflaufbahn verhältnismäßig noch größer. Allerdings ist der sanfte Anhub dadurch erkauft, daß der Winkel φ vom theoretischen Anhubpunkt bis zum wirklichen Einsatzpunkt ebenfalls fast dreimal größer geworden ist, d. h. der ganze Winkel, den der Nocken auf den Grundkreis belegt, Abb. 4 und 10, muß entsprechend größer werden als beim tangentialen Nocken. Dadurch werden auch die Verschiebungen, die der tatsächliche Einsatzpunkt des Nockens durch die unvermeidlichen Unterschiede im Rollenspiel erfährt, entsprechend größer. Aber bei den meisten Ventilen sind selbst erhebliche Unterschiede in den Einsatzpunkten ohne fühlbaren Einfluß auf das gute Arbeiten der Maschine. Bei entsprechender Wahl der vier Steuerpunkte können Abweichungen von $\pm 10^\circ$ Kurbelwinkel in Kauf genommen werden, wenn man dafür ein ruhiges Arbeiten der Steuerung eintauscht. Beim vorliegenden Beispiel ist ein Auflaufbogen von $\varphi = 25^\circ$ vor dem geradlinigen Bahnstück eingeschaltet. Am oberen Ende dieser Auflaufstrecke ist ein Rollenhub von 0,33 mm erreicht und eine Rollengeschwindigkeit von 0,26 m/s. Hat die Maschine im warmen Zustand 0,12 mm Rollenspiel, so läuft die Rolle nach $\varphi = 15^\circ$ auf mit einer Geschwindigkeit von 0,16 m/s. Durch das Einschalten dieses Übergangsbogens bei Anlauf und Ablauf wird der Neigungswinkel der beiden tangentialen Bahnstücke gegeneinander stumpfer, so daß der vorgeschriebene Nockenhub nur mit einer kleineren Abrundung an der Kuppe des Nockens erreicht werden kann, Abb. 10. Der Abrundungshalbmesser wird $\varrho = 4{,}8\,\text{mm}$, damit wird $S = 14{,}9\,\text{mm}$, und die höchste Verzögerung auf der Kuppe steigt auf $-797\,\text{m/s}^2$ gegen $-606\,\text{m/s}^2$ beim Nocken nach Abb. 4. Diese Verzögerung kann immer noch durch die Feder beherrscht werden, zumal es sich um Höchstwerte bei Überdrehzahl einer Maschine handelt und nicht um Werte, die im normalen Betriebe vorkommen. Der so entstandene Nocken ist der Einlaßnocken des 50 PS-Buick-Motors[2]).

Vielfach trifft man (auch in der Literatur) die Auffassung, man könne ein ruhiges Auflaufen erzielen, wenn man die Rolle genau auf den Grundkreis bringt und das notwendige Spiel dadurch herstellt, daß man den wirklichen Nockendurchmesser um das doppelte Maß des gewünschten Spieles kleiner macht. Abb. 11. Der Nocken erhält „Freigang". Diese Ausführung ist so lange richtig, als die Rolle genau an der gewünschten Stelle steht. Sie wird aber doppelt schlecht, sobald unvermeidliche Abweichungen der Rollenstellung auftreten. Dann wird die „Freigang"-Kurve zur Auflaufbahn. Die Auflaufbahn ist aber mit das Wichtigste am ganzen Nocken. Sie muß unbedingt als ein Teil der Nockenbahn einer peinlichen Konstruktion unterliegen und darf nicht dem Gefühl des Konstrukteurs oder gar des Monteurs überlassen bleiben.

Der „Übergangsbogen", wie ihn Prof. Becker genannt hat, ist also grundsätzlich möglichst sanft zu wählen. Zwei Rücksichten bestimmen jedoch die Grenzen, innerhalb deren dies geschehen kann.

Abb. 10. Beschleunigungslinie des Nockens mit Übergangsbogen

[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 251.

Grundkreis
Freigang
RZ2013Z11

Abb. 11. Nocken mit „Freigang"

Der Bogen muß erstens am oberen Ende einen genügend großen Rollenhub ergeben, damit die Rolle bei allen Unterschieden im Spiel noch auf den Auflaufbogen trifft. Ferner darf der Winkel, der den Übergangsbogen auf dem Nockengrundkreis einnimmt, nur so groß sein, daß die Verschiebung der Einsatzpunkte, welche durch die möglichen Änderungen des Rollenspiels hervorgerufen werden können, in zulässigen Grenzen bleiben. Welche Grenzen zugelassen werden können, hat der Konstrukteur von Fall zu Fall zu entscheiden. Zweckmäßig wird der gleiche Übergangsbogen auch für den Ablauf verwendet. Er kommt da dem ruhigen Aufsetzen des Ventiles und damit der Schonung von Ventil und Ventilsitz zugute.

Der normale Nocken

Der normale Nocken baut sich also auf aus der kreisförmigen Auflaufkurve, an die sich tangential die gerade Anstiegbahn anschließt. Während die Rolle über diese beiden Bahnteile läuft, wird sie beschleunigt. Die Ablaufkurve wird am besten als Spiegelbild der Auflaufkurve ausgebildet, wobei die Nockenmittellinie Symmetrieachse ist. Der Winkel zwischen den beiden geraden Bahnstücken wird durch eine kreisförmige Kuppe abgerundet. Wo die Rolle von der geradlinigen Bahn auf die kreisförmige Kuppe übergeht, tritt die größte Beschleunigung des Rollenstößels und die Richtungsumkehr der Beschleunigung auf, und zwar sowohl für Aufstieg wie auch für Abstieg der Rolle. Beim Überlaufen der Kreiskuppe wird der Rollenstößel verzögert. Auch scheinbar sehr „spitze" Kuppen ergeben noch keine übermäßigen Verzögerungen. Der Halbmesser der Kuppe wird daher, wenn der verlangte Hub eine spitze Kuppe bedingt, mehr durch die Rücksicht auf den zulässigen Flächendruck bestimmt. Ricardo[1]) hält einen Spitzenhalbmesser von 1,6 mm noch für zulässig.

Zuweilen kann sich der Auflaufbogen auch unmittelbar in die Kreiskuppe fortsetzen, oder an die Stelle der geraden Anstiegbahn kann eine kreisförmige treten, die konvex oder konkav sein kann. Für die Beschleunigungsverhältnisse dieser kreisförmigen Anstiegbahn gilt ebenfalls Gl. (26). In einem Fall muß das gerade Bahnstück verschwinden, wenn nämlich der Nocken nicht auf einen Rollenstößel, sondern auf einen pilzförmigen Stößel mit ebener Angriffsfläche arbeitet. Hier würde ein gerades Bahnstück einen Stoß hervorrufen. Auch für diesen Fall gilt Gl. (26), die sich jedoch in bekannter Weise vereinfacht, da $\varrho + r = \infty$ und $\zeta = 0$ wird. Dieser Fall braucht also hier nicht gesondert behandelt zu werden.

Man kann jeder billigen Anforderung durch Zusammensetzen der Nockenbahn aus kreisförmigen und geradlinigen Bahnstücken entsprechen.

Bauliche Zusammenhänge

Die beim Überlaufen der Nockenkuppe notwendige Verzögerung des Ventils und der hin- und hergehenden Steuerungsteile muß durch die Ventilfeder bestritten werden. Die zu den verschiedenen Hubhöhen des Ventils gehörenden Federkräfte ergeben sich aus Gl. (22) und (26), wobei Zuschläge je nach den sonst noch mitspielenden Kräften zu machen sind. Auch die Abweichungen in der Beschleunigung, die durch die Ungleichförmigkeit der Nockendrehzahl hervorgerufen werden, machen Zuschläge zur berechneten Federkraft notwendig. Meist fällt vom Punkt des höchsten Hubes an die Verzögerung ziemlich rasch ab. Es empfiehlt sich, die Federkraft dementsprechend abnehmen zu lassen. Macht man die Feder unnötig weich, so vermehrt man die Gefahr von Eigenschwingungen der Feder und vergrößert den Stoß beim Auftreffen des Ventiles auf seinen Sitz, der dem Auflaufstoß des Nockens entspricht.

Besonders einfach wird der Zusammenhang für den durchaus gebräuchlichen Fall $S = r + \varrho$, Abb. 7. Hier wird

$$\varphi = \zeta \text{ und } b = 2\,\omega^2 S \cos\varphi = y\,\omega^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30).$$

Die Beschleunigung ist also unmittelbar verhältnisgleich dem Abstand des Rollenmittels von der Steuerwelle.

Beim Ventilantrieb ohne Zwischenhebel ist der Nockenhub im Ventilhub unabänderlich gegeben. Ist jedoch ein Hebel zwischengeschaltet, so ist darin ein Angriffspunkt gegeben, um die Verhältnisse günstiger zu gestalten. Nach Abb. 12 ist

$$b_2 = b_1 \frac{a_2}{a_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

$$F_2 = \left(M_2 + M_1 \frac{a_1^2}{a_2^2}\right) \frac{a_2}{a_1}\, b_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32),$$

wobei M_1 und M_2 die bewegten Massen einschließlich des Schwinghebels, G_1 und G_2 die entsprechenden Gewichte bedeuten. Bei dem angezogenen Beispiel ist ausgeführt

$G_1 = 0{,}358$ kg, $G_2 = 0{,}190$ kg;
$M_1 = 0{,}0365$ kg $\quad M_2 = 0{,}0194$ kg
$M_1 \frac{a_1^2}{a_2^2} = 0{,}0154$ „
Summe 0,0348 kg.
Hierzu 10 vH Zuschlag für den Hebel (geschätzt) . . . . . . 0,0035 „
$M = 0{,}0383$ kg

$$b_2 = -797 \frac{43}{28} = 1225 \text{ m/s}^2$$

$$F_2 = 0{,}0383 \cdot 1225 = 47 \text{ kg.}$$

Bei der ausgeführten Steuerung ist

$$F_2' = 48 + 17{,}5 \frac{28}{43} = 59{,}4 \text{ kg.}$$

Hätte der Konstrukteur den Hebel gleicharmig gewählt, also $a_1 = a_2$ gemacht, so hätte der Nockenhub gleich dem Ventilhub gemacht werden müssen, also

$$h = 5{,}6 \frac{43}{28} = 8{,}6 \text{ mm.}$$

Um diesen Hub zu erzielen, hätte die Nockenkuppe viel spitzer werden müssen. Nach Gl. (14) und (15) wäre $S = 22{,}5$ mm, $\varrho = 0{,}1$ mm geworden. Dieser Nocken ist so spitz, daß er praktisch mit Rücksicht auf den zu hohen Flächendruck gar nicht ausführbar ist. Nimmt man nun an, die Rücksicht auf den Flächendruck würde wegfallen, und man hätte den Nocken wirklich mit $\varrho = 0{,}1$ mm ausgeführt, so wäre die größte Beschleunigung auf der Kuppe des Nockens nach Gl. (27) $b_0 = 1740 \text{ m/s}^2$ und wegen der Gleichheit der Hebelarme $F = (M_1 + M_2)\, b_1 = 107$ kg. Die Beschleunigung am Nocken sowie die erforderliche Federkraft wären auf mehr als das Doppelte gestiegen, d. h. die Steuerung wäre auch, abgesehen vom Flächendruck zwischen Nocken und Rolle, nicht ausführbar gewesen.

Daraus folgt die allgemeine Regel, daß die Hebelübersetzung zwischen Nocken und Ventil immer ins Große übersetzen muß, weil dadurch die Hilfsmasse M_1 im quadratischen Verhältnis der Hebelarme an Bedeutung verliert, und ferner, weil dadurch der Nocken niedriger und damit die Abrundung der Kuppe und die größte Verzö-

a_1 a_2 M_1 M_2 F_2
RZ2013Z12

Abb. 12. Schema des mittelbaren Ventilantriebes

[1]) a. a. O. (s. 52 dieses Heftes) S. 211.

gerung kleiner werden. Außerdem nimmt mit der Völligkeit des Nockens die Völligkeit der Ventilerhebungskurve bei niedrigerem Nocken zu.

Es ist nicht unnötig, diesen einfachen Zusammenhang ins Licht zu rücken, denn man findet noch sehr viele Fahrzeugmotoren und selbst Flugmotoren mit gleicharmigen Steuerhebeln.

Nockengrundkreis und Rollenkreis sind unter sonst gleichen Verhältnissen ebenfalls von Einfluß auf die höchste Beschleunigung. Bei gegebenem Nockenhub h und Eröffnungswinkel 2α kann man über die Durchmesser von Nockengrundkreis und Rolle frei verfügen. Dann ist durch Gl. (14) und (15) der Nocken bestimmt. Die höchste Verzögerung beim Lauf über die Nockenkuppe, Gl. (27), wird dann

$$b_0 = -\omega^2 h \frac{R+r+h}{R+r-(R+r+h)\cos\alpha} \quad . \; . \; . \; (33).$$

Diese Gleichung zeigt, welchen Einfluß R und r auf das Ergebnis ausüben. Ob man den Grundkreis oder den Rollenkreis verändert, bleibt sich gleich, da immer nur ihre Summe vorkommt. Setzt man

$$R + r = A \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (34),$$

so wird

$$b_0 = -\omega^2 h \frac{A+h}{A-(A+h)\cos\alpha} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (35).$$

Ebenso ist nach Gl. (20) die Beschleunigung beim Auflauf auf eine gerade, tangentiale Nockenbahn nur vom Abstand A abhängig, und zwar diesem verhältnisgleich. Die Beschleunigung wächst daher mit der Vergrößerung des Grundkreises.

Steuerung bei ungleichförmigem Gang der Maschine

Ist ω nicht konstant, so gilt

$$\varphi = f(t), \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt} = f'(t), \quad \varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = f''(t) \quad . \; . \; (36).$$

Ferner ist die durch den Nocken erzeugte Bewegung

$$s = F(\varphi) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (37)$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \omega F'(\varphi) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (38)$$

$$b = \frac{d^2 s}{dt^2} = \omega^2 F''(\varphi) + \varepsilon F'(\varphi) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (39).$$

Wird die Winkelgeschwindigkeit konstant, so wird $\varepsilon = 0$. Damit verschwindet das zweite Glied von Gl. (39), und die Gleichung erhält die Form, die allen im vorstehenden gegebenen Ableitungen zugrunde liegt.

Auch die allgemeine Gleichung (39) ist nicht ganz ohne praktische Ausbeute. Für zwei Punkte jedes Nockens, nämlich für den Auflaufpunkt und für den Punkt der höchsten Erhebung ist

$$v = 0, \text{ weil } F'(\varphi) = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (40).$$

Für diese beiden Punkte wird also das zweite Glied von Gl. (39) ebenfalls null. Gerade an diesen beiden Punkten, die den Ingenieur hauptsächlich angehen, verschwindet also der Einfluß des ungleichförmigen Ganges der Maschine völlig. Die Rollenbeschleunigung kann wie bei konstanter Winkelgeschwindigkeit gerechnet werden, wobei man natürlich die Winkelgeschwindigkeit einsetzen muß, welche die Maschine in dem betreffenden Augenblick hat. Rechnet man mit der mittleren Winkelgeschwindigkeit, so kann das Ergebnis höchstens in dem Maße unrichtig sein, wie im Hinblick auf den Ungleichförmigkeitsgrad die Drehzahl von der mittleren abweicht.

Dagegen kann an andrer Stelle der Einfluß der Ungleichförmigkeit auf die Beschleunigung der Steuerrolle erheblich werden. Einer genauen Erfassung stellen sich Schwierigkeiten entgegen. Denn selbst wenn man das Bewegungsgesetz der Kurbelwelle aus dem Verlauf von Drehmoment, Arbeitswiderstand und Schwungmasse noch ableiten kann, so kann der Nocken infolge der Eigenschwingung der Steuerwelle und des Spieles im Räderantrieb einen abweichenden Bewegungsverlauf haben.

Literatur

1. Schenker, Zur Bestimmung und Beurteilung des Ventilerhebungsverlaufes und der Kraftwirkungen in Ventilsteuerungen, Dingler 1902 S. 357.
2. Leist, Steuerungen der Dampfmaschinen, Berlin 1905 S. 521.
3. Hartmann, Die Bewegungsverhältnisse von Steuergetrieben mit unrunden Scheiben, Z. Bd. 49 (1905) S. 1581.
4. Barten, Untersuchung betreffend die Bewegung der Ventile bei zwangläufigen Dampfmaschinensteuerungen insbesondere bei der Lentzschen Ventilsteuerung, Diss. Hannover 1907.
5. Doehne, Die Bewegungsverhältnisse von Steuergetrieben mit schwingenden Daumen, Diss. Berlin 1908.
6. Goetz, Die Ermittlung der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen bei Kurvenscheibengetrieben, „Werkstatts-Technik" Bd. 3 (1909) S. 363.
7. Prätorius und Dinslage, Betrachtungen über Nockenformen, „Der Motorwagen" Bd. 13 (1910) S. 597.
8. Schimpf, Betrachtungen über Nockenformen, „Der Motorwagen" Bd. 13 (1910) S. 778.
9. Mader, Konstruktion der Ventilbeschleunigung bei Füllungsänderung, Dingler 1911 S. 17.
10. McKay, The design of cams for high speed motors, „The Engineer" Bd. 111 (1911) S. 614.
11. Heller, Über die Formgebung der Steuernocken, „Ölmotor" Jg. 1912.
12. Poeschl, Über eine einfache Darstellung der Beschleunigung bei der Bewegung von Steuergetrieben mit unrunden Scheiben, Zeitschrift d. Österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Bd. 64 (1912) S. 296.
13. Magg, Die Steuerungen der Verbrennungskraftmaschinen, Berlin 1914.
14. Koenemann, Die Antriebsverhältnisse des Einblaseventils der Dieselmaschinen, Z. Bd. 60 (1916) S. 997.
15. Bestehorn, Die Form der Steuernocken, Z. Bd. 63 (1919) S. 263.
16. Kigerl, Die Ermittlung der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen am Nocken mit kreisförmigem Profil, „Ölmotor" Jg. 1919.
17. Huber, F., Erschütterungen schwerer Fahrzeugmotoren, Diss. München 1920.
18. Wittenbauer, Graphische Dynamik, Berlin 1923, S. 360.
19. Christmann-Bear, Grundzüge der Kinematik, Berlin 1923, S. 101.
20. Güldner, Untersuchung über den Einfluß der Betriebswärme auf die Steuerungseingriffe der Verbrennungsmaschinen, Berlin 1924, S. 71.
21. Ricardo, Schnellaufende Verbrennungsmaschinen, Berlin 1926, S. 197.

Fernseher mit Oszillograph

Ed. Belin, der sich bereits seit mehreren Jahren mit der Fernübertragung von Bildern beschäftigt hat, bedient sich bei seinen Versuchen, das Fernsehen zu erreichen, des Oszillographen auf der Sende- und der Empfangsstelle. Das Sendegerät zeichnet sich durch Benutzung zweier Spiegel aus, deren einer 500, deren zweiter nur zehn Schwingungen in 1 s macht. Der erste Spiegel dient dazu, einen starken Lichtstrahl in senkrechter, der zweite dazu, ihn in wagerechter Richtung über die Fläche eines Bildes zu führen. In $^1/_{10}$ s wird also das Bild abgetastet. Die entstehenden Helligkeitsschwankungen werden in bekannter Weise mittels einer Photozelle in Stromschwankungen umgesetzt, während man die Schwingungen der Spiegel getrennt überträgt, um im Empfänger eine synchrone Bewegung des Oszillographen zu erhalten.

Das Empfangsbild wird nicht, wie gewöhnlich, durch einen Lichtstrahl hervorgerufen, der im Takte der ankommenden Stromschwankungen abgedeckt und wieder freigegeben wird, sondern durch Kathodenstrahlen, die auf einen fluoreszierenden Schirm fallen. Ihre Helligkeit wird durch Aufladen des Gitters im Takte der von der Photozelle her ankommenden Ströme gesteuert.

Belin will genügende Helligkeit des Empfangsbildes auch bei richtigem Fernsehen erhalten haben. („Le Génie Civil" Bd. 89 (1926) S. 549.) [N 2715 f] Gs.

Geschiebeableitung bei Spaltung von Wasserläufen

Mitteilung aus dem Flußbaulaboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe — Auszug aus Heft 283 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure

Von Dr.-Ing. H. Bulle, Königsberg i. Pr.

Beschreibung der Versuchsanlage sowie des Wasserabflusses und der Geschiebeführung bei Änderung des Abzweigwinkels und Abrundung der einspringenden Ecken — Erklärung der Geschiebe- und Wassermengenverteilung

An der Abzweigung eines Wasserlaufes aus einer geraden Flußstrecke tritt ein recht großer Teil des Geschiebes in den abgezweigten Arm ein und agert sich dicht unterhalb der Trennstelle unter Bildung tarker Verlandungen ab. Haben beide Arme etwa den leichen Querschnitt, so strebt der bei weitem größte Teil er vom ungeteilten Flußlauf geführten Sinkstoffe, vor llem das gröbere Geschiebe, dem Seitenarm zu und ruft n diesem eine beträchtliche Auflandung hervor, die sich nit der Zeit immer weiter stromabwärts schiebt.

Wollte man aus der Verteilung der Wassermengen in eiden Armen auch auf die Verteilung der Geschiebe-iengen schließen, so würde man ein ganz falsches Bild rhalten. Auch eine Berechnung mit Hilfe des Schlepp-raftgesetzes oder der Geschiebefracht läßt uns im Stich. Diese Feststellung gab den Anlaß für den Versuch, dieses igentümliche Arbeiten des fließenden Wassers zu klären.

Die Versuchsanlage

Als Modell wurde eine Holzrinne mit Rechteckprofil on 20 cm Breite gewählt, deren gerader und seitlicher rm unterhalb der Verzweigung gleiche Länge, gleiche Breite und gleiches Sohlengefälle hatten. Die Gesamtlänge er Rinnenanlage (mit abgezweigter Rinne) betrug 10,36 m. Beide Teilungsarme waren an ihrem unteren Ende durch tauwehre, deren Kronen bei den meisten Versuchen (und war bei allen hier beschriebenen Versuchen) gleich hoch agen, abgeschlossen. Zur Messung der Wassermengen sw. standen die Einrichtungen des Flußbaulaboratoriums ur Verfügung. Von allen wichtigen Versuchen wurden eichnerische und photographische Aufnahmen gemacht.

Die wichtigsten Versuche

Von den ausgeführten Versuchen seien hier nur die ei 5 l/s Gesamtzufluß in einer Rinne mit einer unter inem Winkel $\varphi = 30°$ abgezweigten Seitenrinne beschrieben. Das Bild des Abflusses zeigen die Abbildungen 1 bis 4. An der Abzweigstelle bezeichnen in Abb. 1 die Linien I und II die Trennlinien der Wasserfäden an der Oberfläche und an der Sohle. Die Trennlinie I an der Oberfläche hält sich etwa an die Mittellinie der ungeteilten Rinne oberhalb der Gabelung und schwenkt in flachem Bogen in den seitlichen Arm ein. An der Sohle dagegen bewegt sich die ganze unterste Schicht des Wassers in starker Krümmung in den Seitenarm hinein. Es wurde festgestellt, daß sich schon etwa 1 cm über der Sohle, d. h. in etwa ⅛ der Wassertiefe, die Wasserfäden in viel flacherer Bahn trennen, so daß sich das in Abb. 2 abgebildete Querprofil an der Verzweigung ergibt.

Abb. 1 läßt erkennen, wie sich an der Abzweigung des Seitenarmes vom Hauptarm dicht unterhalb der Trennstelle eine langgestreckte linksdrehende Uferwalze ausgebildet hat, die den Abflußquerschnitt bis auf etwa die Hälfte einengt. Im geraden Arme zeigt sich eine kleine rechtsdrehende Walze an der rechten Bettwandung, jedoch nur an der Sohle und in den unmittelbar darüber liegenden Schichten.

Abb. 3. Zehnfach überhöhter Längenschnitt durch beide Arme, Längenmaßstab 1 : 25, Höhenmaßstab 1 : 2,5

Abb. 1. Lageplan, M 1 : 25, mit Trennungslinien und Wasserwalzen

Abb. 2. Doppelt überhöhter Querschnitt *A—B*, Breitenmaßstab 1 : 12,5, Höhenmaßstab 1 : 6,25

Abb. 4. Lageplan 1 : 12,5 mit Linien gleicher Höhenlage des Wasserspiegels

Der Wasserspiegel oberhalb der Trennstelle, Abb. 3, fällt stromabwärts, ist jedoch nicht so stark geneigt wie die Sohle. Von Profil 2,50—2,50′ ab, also vom Beginn der Verzweigung aus, steigt der Wasserspiegel in der Richtung des geradeaus gerichteten Armes stark an und gelangt unterhalb der Spitze S allmählich bis auf die Überfallhöhe am Stauwehr. Die Wassertiefen nehmen dabei zu (verzögerter Abfluß), Abb. 3.

Im seitwärts gerichteten Arm jedoch hebt sich der Wasserspiegel zunächst nicht und beginnt erst unterhalb der Trennspitze S bis zu der Wasserspiegelhöhe, die durch die Höhenlage des den Seitenarm abschließenden Stauwehres bedingt wird, schwach anzusteigen. Es zeigt sich also in beiden Armen ein verzögerter Abfluß, der aber im geradeaus gerichteten Arme viel plötzlicher auftritt als in der seitlichen Abzweigung, Abb. 3.

Entsprechend den Wasserspiegellagen in diesem Längenprofil entsteht an der Verzweigung an der Oberfläche eine starke Querneigung, die von rechts nach links fällt, Abb. 4. Das Gesamtgefälle des Wasserspiegels im Schnitt A—B beträgt 4,5 mm. Dieses Quergefälle ist, wie Abb. 2 zeigt, in der Mitte am größten und nimmt nach den Ufern hin ab.

Die Wassermengen sind in diesem Falle gleich verteilt, so daß auf jeden Arm 2,5 l/s entfallen. Die Geschwindigkeiten sind daher in dem Teil des Seitenarmes, der für den Abfluß der seitlichen Wassermenge zur Verfügung steht, ebenso groß wie im ungeteilten Bett oberhalb der Verzweigung und etwa um die Hälfte größer als im geraden Teilungsarm.

Abb. 5 und 6. Sandversuch Nr. 1

Wassermenge . . . . $Q = 5$ l/s
Zeit . . . . $T = 45$ min
Sandmenge . . . . $s = 1{,}67$ g/s
Wassermenge im seitlichen Arm Q_s = Wassermenge im geraden Arm . . . . $Q_g = 2{,}5$ l/s
im seitlichen Arm abgelagerte Sandmenge $S_s = 97{,}33$ vH
im geraden Arm abgelagerte Sandmenge $S_g = 2{,}67$ vH

Änderung des Abzweigwinkels des Seitenarmes

Mit wachsendem Verzweigungswinkel nimmt die seitlich abfließende Wassermenge ab, erreicht bei $\varphi = 90°$ ihren Kleinstwert und wächst bei noch größeren Winkeln wieder an. Die vom Verzweigungswinkel abhängige Breite des Eintrittquerschnittes zum Seitenarm beeinflußt die Wassermengenverteilung.

Wird die einspringende Ecke im Profil 2,50′ abgerundet, so ergibt sich gegenüber den entsprechenden Versuchen mit scharfer Ecke eine Zunahme der seitlichen Wassermenge, wobei sich infolge der verringerten Walzenbreite im Seitenarm das Quergefäll an der Verzweigung abschwächt.

Versuche an Modellen mit fester Sohle bei Zuführung von Geschieben (Sand)

Der erste Versuch dieser Art wurde mit 5 l/s Gesamtzufluß in einer Rinne mit unter 30° abgezweigter Seitenrinne bei einer Versuchsdauer von 45 min ausgeführt. Die Wassermengen verteilen sich auf beide Arme wiederum im Verhältnis 1 : 1. Die Verteilung der Geschiebemengen zeigen Abb. 5 und 6; sie lassen erkennen, wie sich kurz vor der Spitze S die abgelagerte Sandbank mit einer scharfen Biegung in den abgezweigten Teilungsarm hineinzieht, in dem sich der Sand im Bereich der auf der linken Seite befindlichen Uferwalze abgelagert hat. In den geradaus weiter führenden Arm ist nur eine geringe Sandmenge getrieben worden. Es haben sich abgelagert im geraden Arm 2,67 vH und im Seitenarm 97,33 vH der gesamten, über den Linienzug 2,50′ — S — 2,90 hinaus gewanderten Sandmenge. Bei längerer Versuchsdauer wächst die Geschiebemenge im geraden Arm stärker an. Bemerkenswert ist dabei, daß die Walze im Seitenarm mit zunehmender Aufschichtung des Sandes immer kleiner wird.

Änderung des Abzweigwinkels

Mit wachsendem Verzweigungswinkel nimmt die in den Seitenarm getriebene Sandmenge ab, sie erreicht für $\varphi = 120°$ ihren Kleinstwert, der aber immer noch 87,5 vH der gesamten über den Linienzug 2,50′ — S — 2,90 gewanderten Geschiebemenge ausmacht. Zu bemerken ist, daß bei größeren Abzweigwinkeln nicht mehr die ganze Sohlenschicht des Hauptarmes nach seitwärts abgelenkt wird, sondern sich ein schmaler Streifen an der rechten Seite der Sohle des Hauptarmes geradeaus bewegt. Auch für die Geschiebebewegung ist die Änderung der Breite des Eintrittquerschnittes zum Seitenarm mit wachsendem Verzweigungswinkel von Wichtigkeit.

Rundet man die Ecke 2,50′ ab, so nimmt vor allem bei größeren Winkeln von $\varphi = 60°$ bis $90°$ die geradeaus getriebene Sandmenge zu. Die durch die Abrundung verminderte Walzenbreite hat ein schwächeres Quergefälle zur Folge, und da dieses, wie später noch näher auseinandergesetzt wird, die eigentliche Ursache der seitlichen Geschiebebewegung ist, tritt jetzt mehr Sand in den geraden Arm ein. Durch Abrundung der Ecke 2,50′ wird also eine Vergrößerung der seitlichen Wassermenge bei verringerter Geschiebebewegung zum Seitenarm hin hervorgerufen, oder umgekehrt:

Durch möglichst eckige Gestaltung des inneren Ufers einer Flußkrümmung, aus der ein Werkkanal tangential abgezweigt wird, wird die Wassermenge im Werkkanal vergrößert und die Geschiebeablagerung vermindert, Abb. 7.

Erklärung der seitlichen Ablenkung des Geschiebes

Aus den bisherigen Beobachtungen wurden folgende Schlüsse gezogen: Die im Seitenarm unterhalb 2,50′ auftretende Walze ist als unvermeidlich zu betrachten. Sie läßt sich auch durch eine Verringerung des Abzweigwinkels nicht beseitigen, da sich die einzelnen Wasserfäden infolge ihres Beharrungsvermögens an der Ecke 2,50′ vom Ufer trennen und sich erst langsam dem linken Ufer wieder nähern. Dadurch entsteht je nach der Geschwindigkeit des Wassers auf einer mehr oder weniger langen Strecke eine Ablösung der Wasserfäden vom Ufer in dem

Abb. 7. Gestaltung des inneren Ufers einer Flußkrümmung bei tangentialer Kanalabzweigung

Abb. 8. Bewegung der Wasserfäden in der Schnittebene *A—B* ohne Berücksichtigung der Fliehkraft

Abb. 9. Wirkung der Fliehkraft auf die Wasseroberfläche

durch hervorgerufenen Zwischenraum zwischen dem
er und dem Wasserstrom einer Uferwalze. Bei sehr
einen Winkeln allerdings, Winkeln unter 10°, die prak-
ch wohl kaum jemals vorkommen, verschwindet die
alze fast ganz.

Der von einer Wasserwalze ausgefüllte Raum ist für
n Wasserabfluß unwirksam. In ihm bewegt sich eine
stimmte Wassermenge in langgestreckter Ringbahn um
e lotrechte Achse. Eine gewisse Wassermenge wird
der stromabwärts gelegenen Seite der Walze dem
asserstrom entnommen, in die Walze eingeleitet, an der
erseite stromaufwärts geführt und gelangt am oberen
de der Walze etwas unterhalb der Ecke 2,50′ wieder in
n wasserabführenden Teil des Abflußquerschnittes. Der
den Wasserabfluß im Seitenarm übrigbleibende Quer-
nitt wird durch die Wasserwalze etwa auf die Hälfte
s Gesamtquerschnittes eingeengt, Abb. 1. Hierdurch muß
Abfluß der halben Wassermenge im Seitenarm eine
ößere Abflußgeschwindigkeit und eine tiefere Lage des
asserspiegels hervorgerufen werden, als sie im geraden
lzenfreien Arm auftritt.

Die tiefere Lage des Wasserspiegels im abgezweigten
m beginnt sich schon von der Ecke (Profil 2,50—2,50′)
auszubilden. Sie ruft kurz vor der Spitze *S* die aus
b. 2 und 4 im Schnitt *A—B* ersichtliche Querneigung
s Wasserspiegels hervor. Der statische Druck des
assers ist bei *A* größer als bei *B*. Das Wasser hat nun
s Bestreben, eine wagerechte Oberfläche herzustellen,
d, da Kräfte, die jenen Höhenunterschied bedingen, wenn
rläufig von der Zentrifugalkraft abgesehen wird, in der
nittebene *A—B* nicht wirken, ergibt sich eine Bewe-
ng der Wasserfäden in diesem Schnitte, wie sie in Abb. 8
rgestellt ist. Es ist eine Querströmung entstanden, die
A von der Oberfläche zur Sohle gerichtet ist, die
asserfäden an der Sohle von *A* nach *B* treibt und bei *B*
eder aufwärts zum Wasserspiegel hebt. Geschiebeteil-
en an der Sohle sind dieser Strömung unmittelbar aus-
setzt, so daß sie einer Strömung folgen, die sich als
sultierende aus Längs- und Querströmung ergibt.

Aber noch ein anderer Umstand muß beobachtet
erden: Das Wasser fließt oberhalb der Spitze *S* in einer
urve in den Seitenarm, Abb. 1. Unter der Wirkung der
ntripetalkraft nimmt der Wasserspiegel eine bestimmte
eigung zum Krümmungsmittelpunkt hin an. Denkt man
h den Wasserstrom in viele wagerechte Schichten zer-
t, so ergibt sich für jede dieser Schichten diese Wirkung
r Fliehkraft.

Jede Schicht wird sich unter einem Winkel

$$\sin\alpha = \frac{\text{Fliehkraft}}{\text{Schwerkraft}} = \frac{m\,v^2}{R} : m\,g$$

nstellen, Abb. 9. Daraus erhält man

$$\sin\alpha = \frac{v^2}{g\,R}.$$

e Größe der Neigung ist abhängig von dem Quadrat
r Geschwindigkeit in der Krümmung. Da diese an
r Sohle erheblich geringer als an der Oberfläche ist,
rd sich auch die unmittelbar über der Sohle liegende
melle nicht in solch starker Neigung einstellen wie die
rüber liegenden Schichten mit größerer Geschwindig-
it, Abb. 10. Der Druck des Wassers ist also bei *A* auch
er größer als bei *B*. Da die im Schnitt *A—B* wirken-
den Fliehkräfte in den höheren Schichten größer sind als in den unteren, wird sich am einspringenden Ufer eine Abwärtsströmung, am ausspringenden Ufer aber eine Aufwärtsströmung einstellen. Dadurch entsteht eine Querströmung, die an der Oberfläche zum einspringenden Ufer hin und an der Sohle zum ausspringenden Ufer hin gerichtet ist. Diese Querströmung wirkt in demselben Sinn wie die durch die Absenkung des Wasserspiegels im Seitenarm hervorgerufene, ist also ebenso mit der Längsströmung zusammenzusetzen.

Die durch eine Krümmung hervorgerufene Querströmung hat E. Beyerhaus untersucht[1]). Es ergaben sich Quergeschwindigkeiten von etwa ½ der Größe der an der Abzweigung auftretenden Längsgeschwindigkeiten. Solche Quergeschwindigkeiten sind imstande, die vor dem Eintritt in den geraden Arm auftretenden Strömungen und auch das Geschiebe seitwärts abzulenken.

Diese durch Beobachtung und Überlegung gefundenen Kräfte und Bewegungen wurden nun untersucht. Hierbei wurde unterschieden zwischen dem Anteil an der Entstehung des Quergefälles und der Querströmung, der einerseits auf die Zentripetalkraft, anderseits auf die Hebung des Wasserspiegels im geraden Arm infolge Verzögerung des Abflusses bei der Verteilung des Wassers auf die beiden getrennten Arme oder auf die Senkung des Wasserspiegels im Seitenarm infolge Einengung des Querschnittes durch die Walze entfällt.

Die Verteilung der Wassermengen und ihre Ursachen

Bei strömendem Abfluß des Wassers ist die Lage des Wasserspiegels an einem beliebigen Punkte stets abhängig von der Höhenlage des Wasserspiegels unterhalb dieses Punktes. So ist auch in einer Kanalverzweigung die Wasserspiegellage bedingt durch die Verhältnisse am unteren Ende der beiden Arme, d. h. in unserer Versuchsanlage durch die Höhenlage der Stauwehrkronen an den Enden der beiden Teilungsarme. Dieses läßt sich auch mittels der Energielinie klar zum Ausdruck bringen. Schon in Abb. 3 läßt der Verlauf der Energielinie erkennen, wie bei einem Abfluß von 5 l/s und Trennung der Wassermenge in zwei gleiche Mengen der hohen Wasserspiegellage im geraden Teilungsarm eine geringe Geschwindigkeitshöhe und dem gesenkten

[1]) „Die Wirkungen einer Krümmung in offenen Wasserläufen auf Bewegungsvorgang und Bettgestaltung." Z. für Bauwesen Bd. 72 (1922) S. 156.

Abb. 10. Unterschied der Wirkung der Fliehkraft auf die Wasseroberfläche und die Oberfläche einer gedachten Wasserschicht

Wasserspiegel im Seitenarm eine größere Geschwindigkeitshöhe entspricht.

Dieses Abflußbild läßt sich wie folgt erklären: Die Energielinien der drei Kanalarme (des Hauptkanals und der beiden Verzweigkanäle) müssen an der rechnerischen Verzweigstelle, d. h. dem gemeinsamen Schnittpunkt der drei Kanalachsen gleich hoch liegen; denn es muß erfüllt sein die Gleichung:

$$h + \frac{v^2}{2g} = h_g + \frac{v_g^2}{2g} = h_s + \frac{v_s^2}{2g},$$

worin h, h_g und h_s die Wassertiefen und v, v_g, v_s die mittleren Geschwindigkeiten in den Kanalarmen bedeuten.

Wie oberhalb dieses Schnittpunktes die Energielinie stetig verläuft, so muß ihr weiterer Verlauf unterhalb der Verzweigung ebenfalls stetig, dem Reibungsgefälle entsprechend sein, da keine Energie plötzlich entzogen wird. Die Energielinie bringt den Gesamtvorrat des Wassers an potentieller und kinetischer Energie zum Ausdruck; daher ist ihr Verlauf maßgebend für die Ausbildung des Wasserabflusses.

Durch zwei Punkte wird die Lage der Energielinien der beiden Kanalarme unterhalb der Verzweigung bestimmt: durch den gemeinsamen Schnittpunkt mit der Energielinie des Hauptkanals an der Abzweigung des Seitenarmes und durch ihre Höhenlage über den beiden Stauwehrkronen. Liegen wie in dem betrachteten Fall die Stauwehrkronen in gleicher Höhe und sind die die beiden Arme durchfließenden Wassermengen einander gleich ($Q_g = Q_s = 2{,}5$ l/s), so müssen auch die Energielinien an den Stauwehrkronen gleich hoch liegen; beide Energielinien haben dann gleiches absolutes Reibungsgefälle. Unter diesen Umständen treten bei der starken Vergrößerung des Abflußquerschnittes an der Rinnenverzweigung beim Eintritt in die Verzweigungsarme folgende Veränderungen ein:

1. Gerader Arm: Da die Wassermenge $Q_g = \frac{Q}{2}$ plötzlich den doppelten Querschnitt zur Verfügung hat, wird der Wasserspiegel infolge eines stark verzögerten Fließens gehoben. Die Energielinie behält ihre von der Verzweigstelle ab nur um das verringerte Reibungsgefälle verminderte Höhenlage bei, denn es ist nur eine Umsetzung von kinetischer in potentielle Energie eingetreten.

Abb. 11. Abhängigkeit der Geschiebe- und Wassermengenverteilung von der Größe des Abzweigwinkels bei 5 l/s Gesamtdurchfluß

2. Seitenarm: Da die Wassermenge $Q_s = \frac{Q}{2}$ beim Eintritt in den Seitenarm infolge der Querschnitt einengung durch die Uferwalze einen Abflußquerschnit vorfindet, der dem der Gesamtwassermenge Q oberhall der Verzweigung entspricht, wird keine nennenswert Energie umgesetzt: die Geschwindigkeiten bleiben etw dieselben wie oberhalb der Verzweigung. Für di Energielinien ist daher die gleiche nur um das Reibungs gefälle verminderte Höhenlage wie im geraden Arn möglich.

Hierbei ist angenommen worden, daß der Energiever brauch der Uferwalze so gering ist, daß er innerhalb de Meßgrenze der Versuche liegt. Denn sonst wäre es nich möglich, daß im geraden Arm, wo doch ein regelmäßige Bett ohne nennenswerte Walzenbildung vorhanden ist, be gleich hoher Lage der Stauwehrkrone und der Energie linie die gleiche Wassermenge wie im Seitenarm abfließt wie dies bei Gesamtzuflußmengen bis zu 5 l/s bei eine Abzweigung unter 30° beobachtet wurde.

Nehmen die Gesamtzuflußmenge Q und damit auc die Teilwassermengen Q_g und Q_s an Größe zu, so ver langt die Wassermenge Q_s im Seitenarm einen größere Abflußquerschnitt, der auf Kosten der Breite der Ufer walze hergestellt wird. Die abfließende Wassermeng vermag infolge ihrer verhältnismäßig großen Geschwin digkeit die Walze zu verdrängen. Diese nimmt allmäh lich an Breite und Länge ab bis zu einem Kleinstwert der durch die Art und Größe der Abzweigung bestimm wird.

Es bleibt nun zu beachten, daß die bei dem engere Abflußquerschnitt größeren Geschwindigkeiten stets ei stärkeres Gefälle der Energielinien im Seitenraum erfor dern als im geraden Arm, da das Reibungsgefälle mit zu nehmender Geschwindigkeit stärker anwächst. Bei eine Wassermenge von $Q = 5$ l/s ($\varphi = 30°$) war dies noc nicht feststellbar. Mit wachsender Gesamtabflußmeng und entsprechend wachsender Seitenwassermenge Q nimmt das Reibungsgefälle jedoch derart zu, daß di Energielinie im Seitenarm eine tiefere Lage einnimmt un bei ungeänderter Höhenlage der beiden Stauwehrkrone eine Abnahme der Wassermenge seitwärts be entsprechender Zunahme der Abflußmenge im gerade Arm bedingt.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

Unter der Voraussetzung gleicher Querschnittbreit und gleichen Sohlengefälles verteilen sich die Wasser mengen bei scharfer Trennecke, kleinen Abzweig winkeln und kleinen Abflußmengen auf beide Teilungs arme im Verhältnis 1 : 1.

Bei größeren Wassermengen hat der gerade Arm eine größeren Anteil zu übernehmen. Die Wasserführung i den Seitenarmen ist bei $\varphi = 90°$ und die Geschiebe führung in den Seitenarmen bei $\varphi = 120°$ am klein sten. Der gerade Arm übernimmt auch in diesem Fall nur 12,5 vH der Geschiebemenge der beiden Teilungsarme so daß die Verlandung des Seitenarmes mit 87,5 vH imme noch recht stark ist, Abb. 11. Dabei ist zu beachten, da nicht nur das Quergefälle an der Verzweigung, sonder auch die Größe der Eintrittbreite zum Seitenarm für di Sandablagerung von Einfluß ist.

Eine Abrundung der Trennecke verminder die Querschnitteinengung des Seitenarmes durch die Ufer walze und damit auch das Quergefälle an der Verzwei gung. Infolgedessen nimmt die Geschiebeablagerung in Seitenarm ab, während die Wassermenge dort anwächst jedoch nicht über das Verteilungsverhältnis 1 : 1 hinaus

[B 1667]

Hafenentwicklung

Von G. de Thierry, Berlin

Der Hafenbau stellt in technischer Hinsicht so viel-eitige Anforderungen an den ausführenden Ingenieur, daß s begreiflich ist, wenn die Arbeiten über dieses Fachgebiet, nd zwar nicht nur die deutschen, sondern auch die aus-ändischen, fast ausschließlich die technischen Fragen be-andeln. Zum erstenmal unternimmt es ein durchaus Sach-undiger, Mac Elwee, die wirtschaftlichen Zusammen-änge, die für die Anlage und den wirtschaftlichen Betrieb ines Hafens von entscheidender Bedeutung sind, in einem uchwerk eingehend zu erörtern[1]).

Der Verfasser des Buches ist bei uns wohlbekannt. m Jahre 1914 erwarb er sich auf Grund einer Dissertation ber Wesen und Entwicklung der Hamburger Hafenbau-olitik den akademischen Grad eines Dr. phil. an der riedrich-Wilhelm-Universität in Berlin. Durch eine ein-ehende Erforschung der hamburgischen Verhältnisse, die ur Abfassung der Doktordissertation den Anlaß gab, und urch die Arbeit selbst, die einen wertvollen Beitrag zur eschichte des Hamburger Hafens darstellt, hat Dr. Mac lwee bewiesen, daß er über den kritischen, klaren Blick erfügt, der ihm auch das Recht verleiht, über die Verhält-isse in den Häfen seiner Heimat zu urteilen und Vor-chläge zur Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit zu machen. abei vergleicht er die amerikanischen Verhältnisse an ver-chiedenen Stellen mit den hamburgischen, wodurch das Verk auch für deutsche Ingenieure wertvoll wird. Welcher Vertschätzung sich Dr. Mac Elwee in den Vereinigten Staa-en von Amerika erfreut, geht allein schon daraus hervor, aß sein Buch: „Ports and Terminal facilities“, dessen erste uflage erst vor sieben Jahren vorbereitet wurde, soeben n zweiter Auflage erschienen ist.

Grundlagen für die Entwicklung eines Hafens

Das im Jahre 1925 erschienene Buch „Port Deve-opment“ behandelt in vier Abschnitten die Grundlagen ür die Entwicklung des Seehandels in einem günstig ge-egenen Hafen, wobei zwischen dem Hafen als nationalem Unternehmen, Staat und Stadt unterschieden wird. Zu-ächst weist Mac Elwee mit vollem Recht darauf hin, daß ie Entwicklung eines Hafens in erster Linie von der Be-ätigung des Kaufmanns abhängt. „Wenn der Handel die üter heranschafft, zu deren Beförderung besondere Ein-ichtungen nötig sind, werden die Ingenieure hierfür orgen.“

„Europas Flächeninhalt verhält sich zu dem Flächen-nhalt der Vereinigten Staaten wie 3 : 5, Europa hat aber ine fünfmal größere Bevölkerung, Zahlen geben jedoch kein utreffendes Bild von der Bedeutung des Seehandels in den eiden Weltteilen.“

Der Gesamtschiffsverkehr in den Vereinigten Staaten eträgt 242,6 Mill. N.-R.-T., der aller europäischen Häfen 68,7 Mill. N.-R.-T.; während aber eine große Anzahl von eehäfen der verschiedenen Länder sich in den Seehandel uropas teilen, bewältigt der Seehafen von New York llein fast die Hälfte des Seehandels der Vereinigten Staaten. lit Recht befürchtet Mac Elwee, daß die Bemühungen, urch den Hafen von New York die Hälfte des Seehandels er Vereinigten Staaten hindurchzwängen zu wollen, zu iner Beeinträchtigung des ganzen Handels führen müssen. ine übertriebene Zusammenziehung muß schließlich krank-afte Erscheinungen mit sich bringen. Einen Einblick in ie Entwicklung der Eisenbahnen in den Vereinigten Staa-en gewährt die Tatsache, daß sich das in Eisenbahnen an-elegte Kapital seit der Weltausstellung in Chikago (1893) nd ihre Leistungen in den letzten zwölf Jahren verdoppelt aben. Diese beträgt heute 725 Milliarden tkm oder 6900 tkm ir den Kopf der Bevölkerung.

An dem Beispiel des Hafens von Los Angeles am Stillen zean wird die Bedeutung eines Hafens für die Wirtschaft argelegt. Der durch den Hafen hervorgerufene Geld-mlauf wird vorsichtig auf 100 Mill. $ geschätzt; er be-rägt das Fünffache der durch die Regierung der Vereinig-en Staaten und die Stadt gemachten Geldaufwendungen.

Während sich in Deutschland die Reichsbahnen be-ühen, auf Kosten der Binnenschiffahrt den Verkehr an ich zu reißen, hat man in den Vereinigten Staaten er-annt, daß für die gesunde Entwicklung des Verkehrs im ahmen der Gesamtwirtschaft eine zielbewußte Zusammen-rbeit zwischen Wasserstraßen und Eisenbahnen dringend otwendig ist, und daß der Übergang von Gütern von der ahn auf die Wasserstraßen erleichtert werden muß.

Hinsichtlich der Hafenverwaltung weist Mac Elwee auf Iamburg hin, dessen Entwicklung dadurch gewährleistet wurde, daß seit 1292 die Stadt eine Handelsrepublik war, von Kaufleuten für Kaufleute durch Kaufleute geleitet. Dem-gegenüber hat sich in Frankreich die Verwaltung der Häfen von einer Zentralstelle aus als unvorteilhaft erwiesen. Der damit zusammenhängende Bureaukratismus lähmt den Un-ternehmungsgeist und den Wettbewerb, der die treibende Kraft für alle Verbesserungen ist.

In den Vereinigten Staaten ist man bemüht, sich bei städtischen Häfen von der Hauptverwaltung, an deren Spitze eine von dem Bürgermeister ernannte Persönlichkeit poli-tischen Charakters steht, freizumachen. Obwohl die Übel-stände, die mit der politischen Färbung einer Hafenver-waltung zusammenhängen, allgemein anerkannt werden, hat es sich als unmöglich erwiesen, sie zu beseitigen.

Eine Anzahl von Häfen sind vom Staat angelegt und werden von ihm verwaltet. Allgemein wird zugegeben, daß die staatliche Verwaltung der städtischen vorzuziehen ist. Eigenartig sind die Verhältnisse in New York, weil die beiden Staaten New York und New Jersey daran beteiligt sind. Im Jahre 1923 haben diese einen umfangreichen Plan für die Entwicklung des Hafens gutgeheißen, der den Bau von Gürtelbahnen, Tunnels und eine völlige Umstellung aller Eisenbahnverhältnisse umfassen soll. Als die voll-kommenste Hafenverwaltung sieht Mac Elwee diejenige von Montreal an. Sie ist völlig selbständig, verfügt über eine eigene Polizeimacht, kann Grund und Boden zur Erweite-rung der Hafenanlagen enteignen, setzt die Abgaben fest, macht ihre eigenen Gesetze und nimmt auch Anleihen auf.

Mac Elwee hält es im Hinblick auf die Hafenentwick-lung für bedenklich, die Einnahmen, also Hafen- und Lager-gebühren sowie Liegegelder an die Stadt oder den Staat abzuführen und dann alle Gelder für den Betrieb und den Unterhalt wie alle für die Förderung des Hafens auf wirt-schaftlichem Gebiet notwendigen Ausgaben besonders zu beantragen. Er erkennt allerdings an, daß für einen neuen auf sich selbst angewiesenen Hafen die ersten Zeiten recht schwierig sein könnten. Die Mitglieder einer Hafenbehörde sollten nicht versuchen, in ihrer Eigenschaft als Behörde den Hafen zu betreiben, sie sollten sich vielmehr bemühen, einen geeigneten Direktor zu gewinnen, dessen Beruf der Hafenbetrieb ist. Bewährt er sich, so sollte die Behörde ihm weitestgehende Freiheit gewähren und ihn in der Aus-führung dessen, was er für richtig hält, unterstützen.

Ein Hafen kann in weitem Umfange durch Hafenver-besserungen eine raschere und billigere Behandlung der Schiffsladungen erreichen und Frachtnachteile ausgleichen. Aber wenn diese Vorzüge den Verladern unbekannt bleiben, ist die Aussicht, daß sie den gewohnten Weg verlassen, sehr gering. Als Beispiel, wie die Verkehrswerbung be-trieben werden soll, wird auf Manchester hingewiesen. Manchester baute einen Schiffahrtkanal von über 56 km Länge mit etwa 320 Mill. ℳ Kostenaufwand. Um den Handel vom altgewohnten Weg über Liverpool unmittelbar nach Manchester abzulenken, lud die Verkehrsabteilung der Kanalgesellschaft die Schiffahrtgesellschaften ein, nach Man-chester zu kommen. Dann verhandelte sie mit den Eisen-bahngesellschaften, um geringere Frachten zwischen Man-chester und den großen Industriegebieten zu erreichen, auf Grund der Tatsache, daß die Entfernung bis Manchester gegenüber der bis Liverpool geringer ist.

Die Eisenbahnen willigten ein, eine selbständige Gürtel-bahn für den Hafen zu schaffen. Die Hafengebühren und Abgaben wurden genau danach berechnet, um dem Verlader genügenden Anreiz zu bieten, seine Waren über Manchester zu verschiffen. Die Verkehrsabteilung verfügt über einen Stab von Werbeagenten, die das Hinterland bereisen und an der Hand von Frachtunterlagen und Nachweisen von Hafenunkosten die Überlegenheit von Manchester über Liverpool beweisen. Derartige Werbeagenten finden sich in Kanada, Australien und in den Vereinigten Staaten.

Gelingt es, einem Hafen Ladung zuzuführen, so wird sich die Schiffahrt bemühen, sie zu befördern. Vollkom-mene Hafeneinrichtungen vermögen die Schiffahrt jedoch nicht nach einem Hafen zu lenken, der keine Ladung an-zubieten in der Lage ist.

Die Frage einer Hafenanlage ist mit dem allgemeinen Bebauungsplan der Stadt unzertrennlich verbunden. Eine Hafenstadt muß auf die mit dem Hafen zusammenhängen-den Verkehrsfragen Rücksicht nehmen, wenn sie nicht Gefahr laufen will, daß die künftige Entwicklung der Stadt und des Hafens gehemmt wird. Bei der Anlage von In-dustrien sollte in bezug auf den Raum zwischen extensiven und intensiven, ferner zwischen schädlichen und unschäd-lichen Industrien unterschieden werden. Die Tiefwasser-front eines Hafens ist ein so wertvolles Gut, daß es not-wendig ist, soviel Landfläche wie möglich von einer mög-lichst kleinen Wasserfront aus zu bedienen.

[1]) Mac Elwee, Port Development. New York 1925, Mc Graw-Hill ubl. Co. 456 S.

Jede Hafenstadt sollte ihre künftige Entwicklung mit weiser Voraussicht planen, um zu verhüten, daß das kostbare Erbe der Stadt, ihre Wasserfront durch Industrien, die das Wasser schließlich lediglich für ihre Abwässer benutzen, mißbraucht und der öffentlichen Nutzung entzogen wird. Man muß in dieser Beziehung für mehrere kommende Geschlechter Vorsorge treffen und bedenken, daß der erste Eindruck der Fahrgäste, die mit dem Schiff landen oder von der Eisenbahn aus die Stadt betreten, in den meisten Fällen für viele Dinge entscheidend ist.

Gliederung der Häfen — Vergleich der äußerlichen Eigenschaften

Bei der Heranziehung statistischer Angaben für den Vergleich verschiedener Häfen in bezug auf ihre Bedeutung für den Handel ist äußerste Vorsicht geboten. Abgesehen von der Verschiedenheit in der Schiffsvermessung gibt auch der Wert der in einem Hafen umgeschlagenen Waren für die Beurteilung der Bedeutung eines Hafens ebensowenig ein zutreffendes Bild wie das reine Gewicht des Umschlages; in dieser Hinsicht würde z. B. dem Hafen von Cardiff eine weit größere Bedeutung als Handelshafen zugemutet werden, als ihm in Wirklichkeit zufällt, weil der ganze Umschlag auf der Kohlenverladung beruht. Beachtenswert sind folgende Angaben für den Hafen von New York in Vergleich zu allen übrigen Häfen der Vereinigten Staaten.

1. Ladung in Groß-Tonnen (zu 1016 kg) Einfuhr und Ausfuhr der Vereinigten Staaten insgesamt	80,2 Mill. t	= 100 vH,
hiervon entfallen auf New York	18,3 „	„ = 22,7 „;
2. Wert der Einfuhr und Ausfuhr Vereinigte Staaten	6379 „ $	= 100 „,
hiervon New York	2683 „	„ = 42 „;
3. Ladung in Tonnen (zu 1016 kg) Einfuhr und Ausfuhr der Nordatlantischen Häfen	38,1 „ t	= 100 „,
hiervon New York	18,3 „	„ = 48 „;
4. Ein- und Ausgang der Schiffe in Tonnen Tragfähigkeit Vereinigte Staaten	241,95 „	„ = 100 „,
hiervon New York	57,33 „	„ = 23,6 „.

Der große Unterschied zwischen den Angaben in Gewichtstonnen (3) und Tonnen Tragfähigkeit (4) (Unterschied zwischen der Verdrängung im beladenen und leeren Zustande der Schiffe) beruht darauf, daß die vielen Fahrgastdampfer, die New York anlaufen, im Verhältnis zu ihrer Verdrängung nur geringe Mengen Ladung befördern. Auch der Wert der Ladungen in Ein- und Ausfuhr ist kein zuverlässiger Maßstab für die Beurteilung der Schwankungen des Schiffsverkehrs. Zunächst beruhen solche Schwankungen zum Teil auf Preisschwankungen. So hatte die Ausfuhr der Vereinigten Staaten im Jahre 1919 einen um 219 vH größeren Wert als diejenige des Jahres 1913, die Menge dagegen war im Jahre 1919 nur um 33 vH größer als 1913. Während des Geschäftsrückganges des Jahres 1921 sank der Gesamtwert der Ein- und Ausfuhr von 13 506 Mill. $ im vorhergegangenen Jahre 1920 auf 6945 Mill. $; einer Abnahme des Wertes des Außenhandels um 49 vH stand jedoch eine Abnahme im Gewicht von nur 20 vH gegenüber.

Für die Leistungsfähigkeit eines Hafens ist nicht seine Größe maßgebend. Man kann sie

1. nach der durchschnittlichen Dauer des Hafenaufenthalts der Schiffe,
2. nach dem Jahresumschlag je Längeneinheit der Kais,
3. nach dem Jahresumschlag je Flächeneinheit der Durchgangschuppen und
4. nach dem Gewicht der Ladung im Verhältnis zum Geldwert von Verzinsung, Abschreibung und Betriebkosten bemessen.

Diese vier Maßstäbe sind für die Verkehrsdichte maßgebend. Mac Elwee führt u. a. an, daß in Marseille im Jahresdurchschnitt rd. 5000 t Ladung auf 1 m der ausgerüsteten Kais umgeschlagen werden gegenüber rd. 500 t in New York. Um einen Überblick über die verschiedensten Häfen zu geben, wird eine große Anzahl von Häfen aller Weltteile im Bilde vorgeführt; es ist nur zu bedauern, daß die Angabe der Maßstäbe unvollständig ist. Die Abbildungen geben jedoch die kennzeichnenden Eigenschaften der dargestellten Häfen gut wieder. Nicht die von der Natur gegebenen Vorteile schaffen einen Hafen, sondern der Handel. Der Mensch, der die natürlichen Vorteile ausnutzt und Schwierigkeiten, die aus der Lage gegeben sind, überwindet, schafft die Unterlagen für die Entwicklung des Handels.

In Brücken und in Tunnels, die nicht tief genug unter der Flußsohle angelegt sind, muß man Hindernisse für die Entwicklung eines Hafens erblicken. Die Zunahme der Schiffsgrößen hat zu sehr kostspieligen Vertiefungen der Hafeneinfahrten geführt, der Hafen von New York ist durch e Fahrwasser zugänglich, das auf 40 ′ (12,20 m unter N. W. b einer mittleren Fluthöhe von 1,37 m) ausgebaggert wurd Aber nicht alle Teile dieses Hafens sind so tief. Mit volle Recht wendet sich Mac Elwee gegen die Anforderung v übertriebenen Geldmitteln für Vertiefung des Fahrwasse damit irgendeine Schiffahrtgesellschaft, die den Wunsch h „das größte Schiff der Welt“ ihr eigen zu nennen, d Hafen anlaufe. Dagegen müssen alle Anlagen, die ei künftige Anpassung an größere Schiffe verhindern könnte vermieden werden.

Der Umstand, daß es nur 155 Schiffe von 10 000 b 56 000 Br.-R.-T. gegenüber 3574 Schiffen von 2 bis 60 Br.-R.-T. gibt, ist beachtenswert. Der durchschnittlic Tiefgang der letzten Kategorie von Seeschiffen liegt zw schen 6,10 und 7,75 m. Von allen bei Lloyds geführt Schiffen haben nur 0,68 vH einen Tiefgang von mehr a 9,15 m.

Vorzüge eines Hafens in verkehrstechnischer Hinsicht Frachten, Unkosten und Leistungen

Von großer Bedeutung für den Wettbewerb verschied ner Häfen ist die Tonnage-Bilanz. Obwohl 93 vH der g samten Einfuhr Kanadas, wozu noch ein bedeutender Ant an der Einfuhr der Vereinigten Staaten hinzukommt, üb den Hafen von Montreal geht, beträgt diese Gesamtgewicht tonnage nicht einmal 50 vH der von Montreal ausgehend Gewichtstonnage, das heißt Montreal und sein Hinte land nehmen nicht genügend Ladung auf, um die Schiff die diesen Hafen aufsuchen, um dort ausgehende Ladu einzunehmen, bis zur Hälfte zu beladen. Infolgedess übt der Hafen eine nur geringe Anziehungskraft a die Schiffahrt aus und Zweidrittel der kanadischen Weize ernte suchen ihren Weg nach Überseeländern über Häf der Vereinigten Staaten.

Der Hafen, den viele Schiffe in Ballast anlaufen od verlassen, ist in einer üblen Lage. Der Wert der Einfu in den Vereinigten Staaten aus Japan hatte im Jahre 19 345 Mill. $ Wert und wog nur 70 000 t. Hiervon entfiel 21 000 t auf Roh-, Florett- und Galett-Seide, die Ausfuhr d Vereinigten Staaten nach Japan dagegen hatte ein Gewic von 1,1 Mill. t, aber einen Wert von nur 225 Mill. $. Ne York hat eine völlig ausgeglichene Tonnagebilanz; bei eine Umschlag von 19,54 Mill. t im Jahre 1922 entfielen 50 v auf die Ausfuhr und ebensoviel auf die Einfuhr. Die Plat kosten sind hoch und die Heranbringung von Gütern na New York ist mit unwirtschaftlichen Ausgaben belast aber die Frachten ziehen den Weg über New York vor, we New York der größte Tonnagemarkt ist.

In den Häfen der Vereinigten Staaten spielt das G treide eine große Rolle. Der Hafen, der Getreide bei a nehmbaren Inlandfrachten in ausreichenden Mengen anz bieten vermag und zweckmäßige Verlademöglichkeiten b sitzt, zieht in zunehmendem Maße die Schiffahrt an. D Eisenbahnen Amerikas sind in großem Umfange geba worden, um Getreide bauende Gebiete aufzuschließen. No im Jahre 1881 nahm das nach den östlichen Seehäfen Balt more, Philadelphia, Boston und New York auf den Eise bahnen beförderte Getreide einen Anteil von 73 vH an d beförderten Gütermengen.

Den Grundstein zur Größe von New York legte jedo der im Jahr 1825 erbaute Erie-Kanal; denn er ermö lichte die wirtschaftliche Entwicklung eines Hinterlande das den in Wettbewerb mit New York stehenden Häf Boston, Philadelphia und Baltimore nicht offen stand. I Jahre 1869 wurden 77 vH des westlich von Chikago ko menden Getreides auf dem Kanal nach New York beförde im Jahre 1876 war der Kanal noch mit 56 vH an der G treideüberführung beteiligt.

Bemerkenswert ist, daß die Eisenbahnfrachten mit de auf dem Erie-Kanal beförderten Getreidemengen schwankte und zwar schwankten die Eisenbahnfrachten im Jahre 18 zwischen 0,50 $ Mitte August und 1,80 $ am Schluß d Schiffahrtsperiode. Hieraus und aus der Tatsache, daß d Erie-Kanal gegenwärtig für 2000 t-Schiffe umgebaut wir geht die Bedeutung der Wasserstraße für den Hafen vo New York zur Genüge hervor.

Im Jahre 1922, das eine Rekordernte aufzuweisen hatt wurden annähernd 73 Mill. hl Getreide über die Häfen Po Arthur und Port William am Oberen See (Lake Superio verladen. Diese sind als Zwillingshäfen bekannt, weil si von im Wettbewerb stehenden Eisenbahngesellschaften, d Canadian Pacific und der Grand Trunk in Port William un der Canadian Northern in Port Arthur, dicht nebeneinand gebaut worden sind. Als das Verladegeschäft im Jahre 192 den Höhepunkt erreicht hatte, wurden an einzelnen Tage bis zu 1,1 Mill. hl Getreide verladen. Dieser riesige G treideverkehr hat eine eigenartige Industrie für die Häfe

nit sich gebracht: Im Herbst werden Tausende von Schafen, Rindern und Schweinen aus dem Westen nach den Zwillingshäfen befördert, um mit den Hunderten von Tonnen Abfall es Siebens gemästet zu werden. Im Frühjahr werden die stlichen Viehmärkte mit diesem Schlachtvieh beschickt.

Welch gewaltigen Anteil die Eisenbahnen an dem Hafenerkehr nehmen, geht daraus hervor, daß in New York 50 vH er ganzen Seefracht, in Boston 65 vH, in Philadelphia 75 vH er über See eingeführten Güter mit der Bahn ins Binnenand befördert werden. Es ist berechnet worden, daß die Eisenbahn bei jeder Abfertigung eines von einem Hafen abgehenden Schiffes zwischen 30 und 40 000 $ verdient. Mit Ausnahme von New York hängt die Hafenentwicklung in en Vereinigten Staaten von einer Eisenbahn ab. Die Häfen sind von den Eisenbahngesellschaften gebaut und werden für ihre Zwecke betrieben. Die Wasserfront, die Pieranlagen und selbst die Schiffahrtsgesellschaft, die den Pier benutzt, werden von den Eisenbahnen als Bestandteile hres eigenen Wirtschaftsgebietes betrachtet.

Mac Elwee führt den Nachweis, daß diese Tatsache für lie Allgemeinheit und für die Eisenbahnen selbst schädlich st, er untersucht die verschiedensten Häfen in bezug auf lie Eisenbahnanlagen und kommt zu dem Ergebnis, daß die Leistungsfähigkeit eines Hafens von der Leistungsfähigkeit seiner Gleisanlagen abhängt. Dadurch werden die Grenzen der Leistungsfähigkeit eines Hafens nicht von den Erfordernissen des Handels, sondern von der Erweiterungsmöglichkeit der Eisenbahnanlagen bestimmt.

In New York werden täglich mehr als 2000 Eisenbahnwagen auf Fähren befördert, die Hafenbahn von Montreal befördert zwischen 1500 und 1800 Wagen täglich. In voller gerechter Würdigung aller Verhältnisse stellt Mac Elwee den Leitsatz auf, daß eine vollwertige Verbindung zwischen jedem Pier, jeder Eisenbahn und jedem Lagerhaus mit einheitlicher Gebührenberechnung unbedingt eine Notwendigkeit für jeden Hafen ist. Er wendet sich mit aller Entschiedenheit dagegen, daß, wie es in Amerika sehr häufig der Fall ist, Eisenbahnen eine Monopolstellung gegenüber den Umschlagstellen einnehmen und Hafenunkosten in die Eisenbahnfrachten einbeziehen.

Das Heranziehen von Leichtern (Schuten) ist weniger wirtschaftlich als die reine Bahnfracht, aber billiger als Lastfuhrwerk bei Entfernungen unter 80 km vom Schiff. In New York laden die in neuerer Zeit gebauten Leichter 6 bis 700 t. Leichter von weniger als 300 t Tragfähigkeit gelten als gänzlich unwirtschaftlich. Bei der in New York herrschenden Überlastung der Straßen mit Fuhrwerk hat sich die Notwendigkeit ergeben, die Frage eingehend zu untersuchen, inwieweit Lastfuhrwerk durch Leichter ersetzt werden kann. Der Leichterverkehr bietet große Vorteile:

1. wo Schiffe das Ufer (Kai) nicht mehr erreichen können und auf dem Strom löschen und laden,
2. wo eine Gürtelbahn fehlt und die Hafenwasserflächen das einzige Mittel einer schmiegsamen Verbindung zwischen jedem Schiff und jeder Eisenbahnlinie bilden,
3. wo Lagerhaus und Industrie Schiffsverbindungen erhalten und Lastwagenverkehr vermieden werden soll,
4. wo es sich um den Umschlag schwerer Lasten handelt und
5. wo Tunnel- und Brückenanlagen zur Verbindung der verschiedenen Teile von Eisenbahnen mittels einer Gürtelbahn wegen unerschwinglicher Kosten nicht möglich sind. Dies ist der Fall in Boston, Baltimore und New York. Die Leichter sind als Eisenbahnfähren, aber nicht als schwimmende Aufstellgleise zu benutzen.

Alle Lastwagenladungen, die nach New York kommen, werden innerhalb der den Leichtern zugänglichen Grenzen von den Eisenbahngesellschaften auf Leichtern befördert; die Kosten hierfür sind in den Frachtkosten einbegriffen. In London, wo das Leichtern seit Jahrhunderten zu den Sonderrechten einer besondern Zunft gehört, hat sich diese der Einführung von Schleppern widersetzt. Etwa 9000 Leichter mit einem Gesamtladevermögen von rd. 50 000 t werden auf der Themse verwendet. Da die Häfen nur zur Zeit des Hochwassers zugänglich sind, findet bei jedem Hochwasser, also alle zwölf Stunden, ein besonders lebhafter Leichterverkehr statt.

Mit Rücksicht auf die außerordentlich hohen Kosten der Frachtbeförderung durch Lastkraftwagen, infolge Überlastung der Verkehrsstraßen New Yorks und aller Aufenthalte an den Entladestellen, die fast alle zu bestimmten Zeiten in Anspruch genommen werden, kommt Mac Elwee zu dem Ergebnis, daß künftig alle Lagerhäuser und Industrien mit Speicheranlagen vom Wasser aus zugänglich sein sollten, um den Leichterverkehr zu ermöglichen. Keine Waren sollten durch Lastwagen befördert werden, wenn die Möglichkeit besteht, die Ware der Eisenbahn oder den Leichtern anzuvertrauen.

Eine Kommission, die in New York eingesetzt wurde, hat den Geldverlust, der durch Warten an den Ein- und Ausladestellen im Hafen dem Handel erwächst, auf annähernd 2 Mill. $ geschätzt. Unter Berücksichtigung der Lösungen, die der Verkehr mit Lastkraftwagen in Cincinnati, bei der Erie-Eisenbahn in New York und in St. Louis gefunden hat, weist Mac Elwee darauf hin, daß beim Lastwagenverkehr die Lösung nicht eine Frage der Entfernung, sondern der erforderlichen Zeit, um ans Ziel zu kommen, ist. Das Ideal ist: höchste Geschwindigkeit, volle Ladung, äußerste Ausnutzung der Zeit und kürzeste Entfernung.

Das Freihafen-Sonderrecht als Aktivposten

Der Hauptwert des Freihafens oder des Freigebiets liegt in der Möglichkeit der Schaffung von Stapelplätzen, von denen Waren wieder nach allen Richtungen ausgeführt werden können, ohne verzollt zu werden. Cromwell hatte deutlich erkannt, daß der Reichtum der Niederländer und in geringem Maße der Hansestädte Bremen und Hamburg in der Beförderung und Verteilung von Handelswaren begründet war. Durch die Cromwellsche Schiffahrtsakte vom Jahre 1651 versetzte er dieser einen außerordentlichen Gewinn abwerfenden Tätigkeit einen tödlichen Schlag.

Die Schiffahrtsakte verbot nämlich, Waren mit andern Schiffen als denjenigen des Ursprungslandes der Ware zu befördern. London ist das größte Vorratslager der Welt geworden. Aus allen Weltteilen werden Rohstoffe für alle möglichen Industrien oder für den unmittelbaren Verbrauch nach London verschifft. Dort werden sie gelagert, bis sich die über die ganze Welt verteilten Verbraucher zum Kauf entschließen. Den Eigentümern wird ein Kredit von 70 bis 80 vH gewährt, und die Banken finanzieren das Geschäft. Man wird sich wohl allgemein der Ansicht Mac Elwees anschließen, daß New York eine ähnliche Bedeutung als Vorratslager erlangen könnte, wenn der Handel dort dieselben Erleichterungen bezüglich der Finanzierung, Versicherung und freien Bewegung vorfindet. Mit Recht wird aber darauf hingewiesen, daß eine günstige Tonnagebilanz den wirtschaftlichen Grundpfeiler für die Einrichtung eines Freihafens bildet.

Das große Seeschiff ist wirtschaftlicher als das kleine, die Schwierigkeit in der Verwendung großer Schiffe liegt nur darin, ausreichende Ladung für sie zu finden. Nur eine geringe Anzahl von Verbrauchern kann eine volle Schiffsladung verwerten. Jeder Familienvater weiß, daß er Kalbfleisch viel billiger als beim pfundweisen Einkauf erhalten kann, wenn er ein ganzes Kalb auf einmal kauft, aber es gibt nur wenige Familien, die ein ganzes Kalb auf einmal brauchen können. Gewisse Länder können ganze Schiffe mit Kaffee oder Zucker, Eisenbahnschienen oder Maschinen beladen, aber die Zahl der Märkte, die so große Mengen einzelner Güter aufnehmen können, ist sehr beschränkt.

Der Freihafen kommt auch der Entwicklung der Industrien eines Landes zugute, weil er ihnen ein reicheres Angebot von Rohstoffen zu machen gestattet. Nach Behandlung der Freihafenfrage in den verschiedensten Ländern erörtert Mac Elwee am Schlusse dieses letzten Abschnitts die geschichtliche Entwicklung der Freihafenbewegung in den Vereinigten Staaten und erwähnt, daß die Kaufmannschaft von New York die erste Körperschaft war, die an der Frage des Freihafens lebhaften Anteil genommen hat. Sie entsandte einen Professor der New Yorker Universität nach Europa, um dort die Frage zu studieren. Der große Kampf um die Freihafenfrage begann im Jahre 1919, er ist zur Zeit noch nicht entschieden.

Mac Elwee ist der Ansicht, daß über die Wirksamkeit der Freihäfen für den amerikanischen Außenhandel kein Zweifel bestehen kann. Die Behauptung, daß die Anlage von Freihäfen verfassungswidrig sei, ist nach seiner Meinung sinnlos. Nach Beendigung des Weltkrieges könnten mindestens sechs verschiedene Gebiete in der kurzen Zeitspanne von Sonnabend Nacht bis Montag früh in Freigebiete verwandelt werden, wenn man sich dazu entschließen könnte, die Anlagen, die während des Weltkrieges zur Versorgung der Armee in Europa dienten, dazu zu verwenden. Es genügte, Zollbeamte an den Eingang zu stellen.

Ich habe versucht, dem Leser gewissermaßen vom Flugzeug aus einen Einblick in das reichhaltige Werk Mac Elwees zu verschaffen. So dürftig diese kurze Inhaltangabe auch ist, sie wird den Leser davon überzeugen, daß, wie Mac Elwee auch verschiedentlich betont, der Kaufmann das treibende Element bei der Entwicklung eines Hafens ist. Der Kaufmann muß dem Ingenieur die Aufgabe stellen; Sache des wahren Ingenieurs ist es dann, sie richtig zu lösen. Im allgemeinen wird die technisch vollkommenste auch die wirtschaftlich günstigste Lösung sein. [N 2509]

CHRONIK 1926

(Fortsetzung von Seite 29)

Bergbau

Allgemeines Die Bestrebungen, den bergmännischen Nachwuchs in Lehrwerkstätten besser als bisher für den zukünftigen Beruf vorzubereiten und außerdem durch Unterweisung, Unterricht und sportliche Betätigungsmöglichkeiten auch erziehlich zu beeinflussen, haben unter der ständigen Anregung des Dinta (Deutsches Institut für technische Arbeitsschulung) in Düsseldorf weitere Verbreitung gefunden[1]). Im Ruhrbezirk ist die Bergpolizeiverordnung über die Befugnis zur Hauerarbeit in Kraft getreten, wonach der Hauerschein nur auf Grund einer voraufgegangenen planmäßigen praktischen und theoretischen Ausbildung erteilt werden darf.

Darüber hinaus sucht man durch persönliches Belehren und Anspornen der Bergleute, durch Aushängen von Bildern und Hinweisen aller Art die Unfallgefahr herabzudrücken. Insbesondere sind die von einer größeren Anzahl von Zechen herausgegebenen Werkzeitungen in den Dienst dieser Bewegung gestellt worden, dem sich auch die Zeitschrift „Grubensicherheit" besonders widmet.

Die Bergschulen des Ruhrbezirks haben die älteren Grubenbeamten für den maschinellen Betrieb unter Tage durch Veranstaltung besonderer Fortbildungslehrgänge weiter ausgebildet. Den Zeitstudien und sonstigen Untersuchungen auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Betriebsführung ist eine ständig wachsende Aufmerksamkeit zuteil geworden[2]).

Die Umstellung vom Druckluft- auf den elektrischen Betrieb für Maschinen unter Tage wird lebhaft erörtert, und die in Niederschlesien gemachten günstigen Erfahrungen werden zur Zeit hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf den unter ähnlichen Verhältnissen arbeitenden Ruhrbergbau näher geprüft. Die durch die ungünstige Wirtschaftslage herbeigeführte Zusammendrängung des Betriebes auf die am günstigsten arbeitenden Schachtanlagen im Steinkohlen- und Kalisalzbergbau hat dem Vordringen der Maschine in der unterirdischen Gewinnung und Förderung weiter Vorschub geleistet.

Aus- und Vorrichtung, Abbau, Gewinnungsarbeiten Die schwierige Marktlage für Steinkohlen hat zur äußersten Ausnutzung aller Gewinnmöglichkeiten und dementsprechend zu Abbauverfahren (Magazinbau[3]) und ähnlichen) geführt, die einen höheren Stückkohlenfall ermöglichen. Für die Beseitigung von Spülversatzschlämmen haben sich Hochdruck-Mammut-Bagger in der Ausführung der Maschinenfabrik Borsig bewährt[4]). Der Erzbergbau verwertet neuzeitliche räumliche Darstellungen für die Ermittlung von Lagerstättenstörungen[5]). Die weitere Untersuchung der Bergschädenfrage hat zu Untersuchungen über die Bedeutung geologischer Erdbewegungen im Tertiär und Quartär Veranlassung gegeben[6]). In der Ausbildung von Bergeversatzmaschinen, die einen weiteren wichtigen Schritt zur Mechanisierung des Steinkohlenbergbaues darstellen, herrscht lebhafte Tätigkeit; doch hat sich noch keine der Bauarten durchringen können[7]).

Die maschinelle Kohlengewinnung hat immer weitere Verbreitung gefunden. Neben den Stangenschrämmaschinen gewinnen die Kettenschrämmaschinen an Boden. Die bisher als Antrieb benutzten Kolbenmaschinen werden allmählich durch Pfeilradmotoren ersetzt. Der Drehkolbenmotor, der bisher nur für kleine und leichte Schrämmaschinen (Kohlenschneider) benutzt wurde, tritt jetzt auch bei größeren Maschinen in Wettbewerb mit dem Kolben- und mit dem Pfeilradmotor. Immer mehr setzt sich auch der elektrische Antrieb für Schrämmaschinen durch. Die Wannet-Picke (eine verbesserte Hakenpicke) hat sich in vielen Schrämbetrieben gut bewährt, scheint aber doch nicht für jede Kohlensorte geeignet zu sein[8]). Ganz besonders schnell hat sich die Verwendung von Abbauhämmern ausgebreitet, die sogar mehrfach die Schrämmaschinen verdrängt haben. Während man früher die leichten Hämmer (unter 7 kg) bevorzugte, verlangen die Bergleute nach einiger Gewöhnung jetzt mehr die schwereren Bauarten. In steiler Lagerung sucht man anscheinend mit Erfolg das „Abbauschiff" einzuführen, das, an einem Windwerk hängend und mit Schräm- und Gewinnungsmaschinen ausgerüstet, das Unterschrämen de[r] Kohle mit ihrer Hereingewinnung vereinigt.

[1]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 357.
[2]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 793 u. 1153; „Braunkohle" Bd. 25 (1926) S. 21, 41, 511; „Technische Blätter" Bd. 16 (1926) Heft 48 S. 385.
[3]) „Glückauf" Bd. 62 (1926 S. 165. [4]) Desgl. S. 52. [5]) Desgl. S. 780.
[6]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 857; Z. f. Berg-, Hütten- und Sal.-Wesen Bd. 74 (1926) S. B 59.
[7]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 1515. [8]) Desgl. S. 1526.

Tagebau Im Braunkohlentagebau hat sich der Rauper[-]bagger für Abraum- und Kohlengewinnun[g,] wie er von der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, vo[n] Orenstein & Koppel A.-G., der Maschinenfabrik Buckau u. [a.] geliefert wird, durch eine geringere Belastung des Unte[r]grundes, seine große Beweglichkeit und den Fortfall de[r] Schienenleitung Eingang verschafft.

Die Abraum-Fördervorrichtungen mit Verteilung un[d] Einebnung des Abraumes durch schwenkbare Gurtförder[er] oder Kratzbänder erfreuen sich wachsender Beliebtheit; auc[h] der mit einem pflugscharartigen Werkzeug arbeitende Kip[p]räumer der Linke-Hofmann-Werke wird verwendet.

Die in der vorigen Chronik erwähnte Abraumbrück[e] hat den in sie gesetzten Erwartungen entsprochen[9]); alle[r]dings stößt ihre weitere Anwendung auf die Schwierigkei[t,] daß nur eine günstige Wirtschaftslage die dazu erforde[r]lichen großen Kapitalaufwendungen rechtfertigt.

Förderung Der Förderung auf Teilsohlenstrecken wir[d] erhöhte Beachtung geschenkt, da hier noc[h] ein weites Gebiet für weitere Mechanisierung sich eröffne[t.] Neben die Druckluft-Zwerglokomotiven sind kleine Akk[u]mulator-Lokomotiven getreten; außerdem werden Seilhasp[el] mit offenem und geschlossenem Seil angewendet. Der i[m] Auslande bereits verschiedentlich in Gebrauch stehend[e] Gurtförderer hat sich noch nicht Eingang verschaffe[n] können; doch sind entsprechende Versuche im Gange. Di[e] zahlreichen Unfälle durch verbotswidriges Fahren in blin[-] den Schächten haben zu erfolgreichen Bestrebungen geführ[t,] wenigstens die üblen Folgen solcher Übertretungen durc[h] unverbrennliches Bremsfutter, selbsttätige Einrichtungen zu[r] Stillsetzung der Maschinen u. ä. zu beseitigen. Die Anfah[rt] der Belegschaft nach Steigerrevieren hat sich rasch a[uf] einer großen Anzahl von Schachtanlagen Eingang ve[r]schafft und gute Ergebnisse hinsichtlich der Verlängerun[g] der nutzbaren Arbeitzeit unter Tage gehabt. Dem gleiche[n] Zweck dient auch die vielfach eingeführte Beförderung de[r] Leute mit Grubenlokomotiven bis zur Arbeitstelle. Ve[r]suche, die Schüttelrutsche im Braunkohlenbergbau einz[u]führen, sind im allgemeinen an der feuchten und mulmige[n] Beschaffenheit der Braunkohle gescheitert; jedoch liegt dor[t,] wo die Kohlenbeschaffenheit günstiger ist und anderseit[s] starker Gebirgsdruck die Wagenförderung sehr erschwer[t,] ein günstiges Betriebsergebnis vor[10]).

Auf dem Gebiete der Schachtförderung herrscht in alle[n] Gruppen des deutschen Bergbaues lebhafte Aufmerksamke[it] auf die Kübelförderung; mit verschiedenen Ausführunge[n] kann für die nächste Zeit gerechnet werden. Allerding[s] ist die erste große Schachtkübelförderung im deutsche[n] Steinkohlenbergbau auf der Königin-Luise-Grube, obwo[hl] sie 1½ Jahre lang technisch einwandfrei gearbeitet ha[t,] vorübergehend wieder außer Betrieb gesetzt worden. Ma[n] hat in sorgfältig durchgeführten Vergleichsförderungen, di[e] sich je über mehrere Tage ausdehnten, festgestellt, daß de[r] Feinkohlengehalt bei der Kübelförderung um 7 vH zunahm. Die geringeren Verkaufserlöse zwangen dazu, wieder zu[r] Gestellförderung zurückzukehren. Jedoch sucht man durc[h] Änderung der Sturzeinrichtungen den Übelstand zu beheben.

Ein Musterbeispiel für eine große Turmförderanlag[e] mit Gestellförderung bietet der neue Kirdorf-Schacht de[r] Schachtanlage Minister Stein[11]), der sich durch einen För[-]derturm mit zwei großen Fördermaschinen, Förderkorb mi[t] drei Böden für je vier Wagen und insgesamt 7200 kg Koh[-]lennutzlast und einer Leistungsfähigkeit von 7500 t täglic[h] bei 400 m Teufe auszeichnet. Der Umbau der Hängebänk[e] für selbsttätigen Wagenumlauf hat auch im Berichtsjahr weitere Fortschritte gemacht. In der Haspelförderung unte[r] Tage hat sich der Mehrzylinder-Drucklufthaspel mit stehen[-] den Zylindern, wie er von der Frankfurter Maschinenbau A.-G. u. a. Herstellern geliefert wird, rasch eingeführt.

Ausbau Lebhafte Bewegung herrscht auf dem Gebiet[e] des Beton- und Eisenbetonausbaues im Stein[-]kohlenbergbau, mit dessen Anpassung an die verschieden[-]artigen Druckverhältnisse sich verschiedene Hersteller be[-]schäftigen[12]). Es handelt sich dabei nicht nur um de[n]

[9]) „Braunkohle" Bd. 25 (1926) S. 601. [10]) Desgl. S. 309.
[11]) „Technische Blätter" Bd. 16 (1926) S. 1.
[12]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 889; Z. f. Berg-, Hütten- u. Sal.-Wesen Bd. 74 (1926) S. 243.

iderstand gegen Querkräfte, sondern auch um Abhalıng von Druckwirkungen in der Längsachse. In Betracht ommen die Verfahren von Walter-Henkel, Schäfer-Hinselıann, Minder, der Ausbau in Keilsteinen (Emmca-Ausbau) . a. Verschiedene dieser Verfahren sind darauf gerichtet, en Betonausbau nachgiebig zu gestalten. Das ist um so ichtiger, als die Herstellung eines statisch unbestimmten usbaues immer wieder auf die Schwierigkeit stößt, den 1 bekämpfenden Gebirgsdruck einigermaßen richtig zu betimmen. Unter den eisernen Stempeln sind besonders zu ennen die von Schwarz, von Rohde und von Rutenborn.

Aufbereitung und Brikettierung Der Dorr-Eindicker hat sich zur Entwässerung von Kohlen- und Erzschlamm eingeführt; erwähnt sei ine Anlage auf Rheinpreußen V. In der Erzaufbereitung at man sich mit der Verfolgung der einzelnen Betriebsorgänge nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten, mit der irtschaftlichen Bedeutung der verschieden weitgehenden Anreicherung und mit der Schaffung einheitlicher Bezeichıungen und Berechnungsverfahren für die zugrundeliegenen Anreicherungsvorgänge ernstlich befaßt[1]). Die chwimmverfahren haben auch für die Kohlenaufbereitung veiter Eingang gefunden; in der Erzaufbereitung ist das Bestreben besonders auf die selektive Flotation, d. h. die etrennte Ausscheidung der einzelnen Metallverbindungen n den Erzen gerichtet.

Die Braunkohlenaufbereitung ist durch eine außerrdentliche Entwicklung der elektrostatischen Entstauung[2]) gekennzeichnet; es sind bereits über 200 Anlagen orhanden oder im Bau[3]). Bevorzugt wird ein aus Wechseltrom hergestellter Gleichstrom; die Sprühdrähte sind durch ie leistungsfähigeren Sprühgitter ersetzt worden; die Betrebungen zur Verdrängung der Verpuffungsgefahr haben uten Erfolg gezeitigt. Insbesondere hat man diese Gefahr ei der Innenentstaubung (im Gegensatz zu der Entstaubung es Brüdens oder Brasens), für die die elektrostatische Reiniung noch Schwierigkeiten bietet, durch Zwischenschaltung on Gebläsevorrichtungen für künstlichen Zug mit Erfolg ekämpft.

Die Entstaubungsfrage ist für eine Braunkohlenbriketierung auch deshalb immer wichtiger geworden, weil der abei gewonnene Staub größtenteils für die Kohlenstaubeuerung geeignet ist; für diese ist dann möglichst trockene Gewinnung des Staubes anzustreben[4]).

In der Brikettherstellung hat sich die Manigsche Rolenbogen-Förder- und Kühlrinne, die Betriebstörungen durch tauung des Brikettstranges in Krümmungen vermeidet, gut ingeführt. [C 274] Heise, Herbst

Brennstoffe

Der englische Kohlenarbeiterstreik hat die Haldenbeände beseitigt, neue Absatzgebiete geschaffen und die Kohlenförderung belebt. Trotz Beendigung des Streiks wird ich dieser noch eine Zeitlang auswirken, da die Haldenestände aufgefüllt und Kohlenzüge gefahren werden nüssen. Die dadurch unserer Reichsbahn erschlossenen Einnahmequellen werden als befruchtender Strom in die Wirtschaft zur Beschaffung von Arbeitsmöglichkeiten zuückfließen.

Kokereiwesen Im Koksofenbau sind bemerkenswerte Neuerungen nicht zu verzeichnen, daegen wurden im Borsigwerk O.-S. Versuche durchgeführt, ım die dort geförderte Kohle unter Zusatz von Schweloks in Schmalkammeröfen zu verkoken. Die Erfolge sind eachtenswert[5]). Die erwartete Einführung der trockenen Kokskühlung zwecks Gewinnung der fühlbaren Kokswärme st auf Kokereien auch im verflossenen Jahre in Deutschand zurückgestellt, dagegen ist eine solche Anlage auf iner Kokerei bei Witkowitz in der Tschechoslowakei erbaut worden, über die Ergebnisse zur Zeit nicht vorliegen.

Gasanstalten Im Bau der Gaswerköfen hat der senkrechte, stetig betriebene Kammerofen von Koppers weiteren Fuß gefaßt. In Minden i. W.[6]) wurden wei Kammern in Betrieb genommen, nachdem man in Krakau und Salzburg mit einem Ofen dieser Art gute Ergebnisse erreicht hatte. Im übrigen ist das Bestreben vorerrschend, in kleineren Gaswerken die Retortenöfen ganz zu verlassen und auf die von Strache angegebene restose Vergasung überzugehen, bei der die Teerdämpfe zeretzt werden und ausschließlich Gas erzeugt wird. Diese Verfahren sind inzwischen so vervollkommnet worden, daß sie einschichtig betrieben werden und nachts ruhen können. Nach dem Verfahren von Heller wurde die Gasanstalt Potsdam von der Bamag mit einer Löschanlage zur Ausnutzung der fühlbaren Wärme ausgerüstet, wobei der Koks in einem geschlossenen Zylinder unter Wasserstoffentwicklung mit Wasser gelöscht wird.

Steinkohlen-Schwelereien Neu hinzugetreten ist hier der Rundzellenofen der Chemisch-Technischen Gesellschaft (C T G), Duisburg[7]), der als Versuchseinheit auf der Zeche Prosper bei Essen betrieben wird und von dem ein Ofen mit 50 t Tagesdurchsatz in Auftrag gegeben ist. Die Kohle wird zwischen die innen beheizten Teller mittels Schneckenförderer eingepreßt und durch einen geschweiften Arm ausgetragen. Zwei Dobbelstein-Öfen neuer Bauart[8]) sehen ihrer Vollendung entgegen.

Braunkohlen-Schwelereien Der von Drawe[9]) entworfene Dachschwelofen der AVG, Berlin-Halensee, wurde als Versuchseinheit bei Halle erbaut, während der von der Maschinenfabrik Sauerbrey, Staßfurt, gebaute Walzenschwelofen[10]) ebenfalls bei Halle seiner Vollendung entgegensieht und 50 t Braunkohle täglich durchsetzen soll. Eine wesentliche Verbesserung des Rolle-Ofens gelang Simonis[11]) dadurch, daß er dem Zylinder an der Beschickungsseite eine gezackte Form gab, durch die sich der Durchsatz verdoppelte. Die Schwelanlage der Grube Leopold, Edderitz bei Cöthen, wird um drei Geissen-Öfen[12]) auf vier Einheiten erweitert, von denen die zweite in Betrieb gekommen ist. Dabei wird eine elektrische Entteerung des Gases angewandt und einer der neuen Öfen wird mit Koksstaub beheizt werden. Der Bau einer ähnlichen Schwelerei auf der von der Kohlenveredlungs-Gesellschaft erworbenen Grube Minna Anna bei Weißand mit einem Tagesdurchsatz von zunächst 1500 t Braunkohle ist in Angriff genommen. Die Lurgi-Gesellschaft[13]) errichtet einen großen Spülgasschwelofen auf der Grube Westeregeln bei Magdeburg, während der Bau einer großen Schwelerei auf der Grube Georg, Königsaue bei Aschersleben, bevorsteht. Einen ganz neuen Weg hat Heller[14]) im Entwurf seiner von der Bamag-Meguin A.-G. erbauten Anlage beschritten, wobei zwei geneigt verlegte Zylinder nach Art der Cowper-Winderhitzer ausgemauert sind, von denen wechselweise einer durch Verbrennungsgase beheizt wird, während im anderen geschwelt wird. Die Abgase werden in einer Büttner-Trommel zum Trocknen der Kohle ausgenutzt. Das Verfahren ist durch hohen, auf die Einheit bezogenen Durchsatz gekennzeichnet. Die Werschen-Weißenfelser Braunkohlen A.-G. hat eine ihrer Schwelereien durch eine große Büttner-Trommel[15]) ergänzt, um dadurch die Ofenleistung auf das fast Dreifache zu steigern. Damit entfällt der Hauptanteil der Weiterentwicklung dieses Gebietes auf die Braunkohle.

Gasreinigung Abgesehen von der sich weiter einführenden elektrischen Gasreinigung hat die AVG den Ströder-Wascher[16]) so weit vervollkommnet, daß er sich bei niedrigem Kraftverbrauch sehr schnell ausbreitet. Daneben ist der von Hanl in Oberschlesien eingeführte, besonders als Entteerer wirksame Gaswäscher zu erwähnen. Eine sehr bemerkenswerte Gasentschweflungsanlage für Großleistung hat Raffloer[17]) auf einer westfälischen Kokerei erfolgreich, wenn auch erst als Versuch eingeführt, an die sich sehr hohe Erwartungen knüpfen. Das Eisenoxyd wird dabei mittels einer Düse in den Gasstrom eingeblasen.

Gaserzeuger Der mit Knorpelbraunkohle oder Braunkohlenbriketts betriebene Gaserzeuger findet eine dauernd größere Verbreitung, seit die Brennstoffverbraucher errechnet haben, daß unter den heutigen Verhältnissen die Spanne zwischen Kohlen- oder Brikettpreis einerseits und dem Teererlös, sowie der Lohnersparnis anderseits fast ausreicht, um die rohen Brennstoffkosten zu decken. Der Durchsatz feinkörniger Rohbraunkohle in Wassergaserzeugern von außerordentlich großen Leistungen soll der I.-G. Farbenindustrie gelungen sein, ohne daß Einzelheiten über die in Oppau und Leuna erbauten Einheiten bekannt geworden wären.

Flüssige Brennstoffe Aus der Verwirrung, die die Tageszeitungen über dieses Gebiet unter der meist mißverstandenen Überschrift Kohlenverflüssigung in weite Kreise hineingetragen haben, scheinen sich nur die Tatsachen herauszuschälen, daß die

[1]) „Metall u. Erz" Bd. 23 (1926) S. 36, 81, 249, 261.
[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 258. [3]) „Braunkohle" Bd. 25 (1926) S. 435.
[4]) „Braunkohle" Bd. 25 (1926) S. 249.
[5]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 1551. [6]) Koppers-Mitteilungen 1926 S. 27.
[7]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1508.
[8]) „Entgasen und Vergasen", Berlin 1926, VDI-Verlag, S. 86.
[9]) Braunkohle Bd. 25 (1926) S. 550.
[10]) desgl. S. 562. [11]) desgl. S. 554. [12]) desgl. S. 560.
[13]) „Entgasen und Vergasen" S. 53. [14]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1553. [15]) „Braunkohle" Bd. 25 (1926) S. 555. [16]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 69 (1926) S. 126. [17]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1091.

Gesellschaft für Teerverwertung, Duisburg-Meiderich, dem Bau einer Bergius-Anlage nähertritt, daß Fischer eine kleine Versuchsanlage zur Erzeugung von Synthol aus Wassergas im Kohlenforschungsinstitut zu Mülheim errichtet hat, um die Durchführbarkeit seines Verfahrens zu beweisen und daß die I.-G. Farbenindustrie den Bau einer Anlage zur Herstellung synthetischer niedrigsiedender Öle auf dem Leunawerk in Angriff genommen hat, wobei Wassergas als Ausgangstoff dient. Welches dieser drei Verfahren berufen ist, das Feld zu beherrschen, läßt sich gegenwärtig noch nicht übersehen.

[C 2691] de Grahl

Eisenhüttenwesen

Kokerei In den Kokereibetrieben sind in letzter Zeit mehrere verschiedene Konstruktionen und Vorschläge gemacht oder ausgeführt worden, den Koks auf trockenem Wege abzukühlen, in der Erwartung, daß ein wasserfreier Koks, wie er auf diesem Wege gewonnen wird, wertvolle Eigenschaften hat und die Gewinnung der Kokswärme wirtschaftliche Vorteile erbringt. Das abweichende Verhalten des trocken gelöschten Kokses in Feuerungen ist allerdings noch nicht einwandfrei geklärt worden, so daß die Frage noch offen steht, ob die kostspieligen Trockenkoks-Kühlanlagen in einem richtigen Verhältnis zu den erreichten Vorteilen stehen werden, zumal die Frage der Ausnutzung der Wärme des heißen Kokses beim Trockenlöschverfahren, da sie nicht ununterbrochen zur Verfügung steht und ihre Menge nur etwa 3 vH des Koksheizwertes beträgt, nicht endgültig geklärt ist. Die Veränderung der Ofenbausteine durch die Einwirkung von Salzen aus der Kohle[1]) sind untersucht worden; dabei haben sich die Silikawände der Ofenkammer als widerstandfähiger erwiesen, als die tongebundenen Steine. Bemerkenswert sind größere Versuche zur Gewinnung und Verwertung des Ammoniaks aus dem Koksofengas durch Verfahren, die von den bisher üblichen grundsätzlich abweichen.

Hochofenbetrieb Die Erforschung des Verhaltens der Beschickung im Hochofen hat weitere Fortschritte erbracht, indem planmäßig an den verschiedensten Stellen des Ofeninnern laufende Untersuchungen der Gaszusammensetzung, der Beschaffenheit der Schmelzstoffe und des Temperaturverlaufes vorgenommen wurden. Allerdings liegt eine endgültige Auswertung der Versuche noch nicht vor, da im Zusammenhang mit der Eigenart des Schachtofenbetriebes ständig starke Abweichungen von einem ausgeglichenen Zustande beobachtet werden. In theoretischen Untersuchungen sind neue Erkenntnisse über die Bedingungen für die Zementation des Eisens ermittelt worden[2]), ebenso über die Aufnahme des Kohlenstoffs im Hochofen in fester und flüssiger Phase[3]), um zu einer Klärung zu gelangen, ob eine willkürliche Beeinflussung des Kohlenstoffgehaltes im Roheisen erreicht werden kann. Bemerkenswert sind die Verfahren zur direkten Eisenerzeugung aus Erzen unter Umgehung des Hochofenverfahrens[4]).

Stahlwerkbetrieb In zahlreichen auf verschiedenen Werken ausgeführten Untersuchungen über den Temperaturverlauf im Flammofen ist eine weitgehende Klärung der Erscheinungen des Wärmeüberganges, soweit sie für den praktischen Betrieb von Bedeutung sind, herbeigeführt worden[5]). Insbesondere hat man die Bedeutung der Strahlung der Gase und die Vorzüge der leuchtenden Flamme erkannt, so daß man sagen kann: Die thermische Seite des Herdofenverfahrens ist, soweit sie für die Technik wertvoll ist, geklärt worden. Für die Untersuchung und Bewertung feuerfester Steine liegen neue Untersuchungsverfahren und Ergebnisse vor[6]).

Ein neuer elektrischer Schmelzofen, der Hochfrequenz-Induktionsofen[7]), hat sich durch seine baulichen Vorzüge und seinen hohen Wirkungsgrad als ein vorzüglicher Metallschmelzofen erwiesen, so daß seine Einführung in die Edel-Stahlwerkbetriebe trotz der hohen Baukosten zu erwarten ist.

Walzwerkbetrieb In den Walzwerken sind bemerkenswerte Zeitstudien an großen Walzwerken mit Vor-, Mittel- und Fertigstraßen ausgeführt worden[8]), um den Betriebspunkt geringster Leistungsfähigkeit aufzusuchen. Diese Ermittlungen sind insofern von Bedeutung, als von dem schwächsten Glied in der Herstellungskette die Leistungsfähigkeit der Gesamtanlage abhängt. Ferner sind weitere Studien ausgeführt worden über das Verhalten des Werkstoffes beim Walzen, sowohl die Bewegungsvorgänge in der Walzvorrichtung als auch in der Breitung[9]).

[C 2675] Diepschlag

Werkstoffprüfung

Solange wir nicht in der Lage sind, aus einigen wenigen Grundeigenschaften eines gegebenen Metalls sein Verhalten bei allen Beanspruchungsbedingungen zu errechnen, muß sich die Entwicklung der Werkstoffprüfung nach den von der Technik bedingten Beanspruchungsarten richten. Sie beschäftigt sich also weniger mit der Bestimmung physikalischer Eigenschaften, sondern mehr mit dem Ausbau von Maschinen und Regeln für vergleichbare und verfeinerte technologische Prüfungen. Diese Richtung ist auch im Berichtjahr deutlich erkennbar.

Streckgrenze, Elastizitätsgrenze Das Streben nach Leichtbau im Motorwagen- und Flugzeugwesen, bei Brücken und Bauten zwingt den Konstrukteur, unter Erniedrigung des Sicherheitskoeffizienten mit seinen Beanspruchungen näher an die Grenze der tatsächlichen Beanspruchbarkeit der Baustoffe heranzugehen. Welcher der bisher gemessenen Werte — Zerreißfestigkeit, Streckgrenze und Elastizitätsgrenze — aber ein Maß für die Beanspruchungsgrenze darstellt, ist strittig und wird mit theoretischen und praktischen Beweismitteln zur Zeit ständig erörtert[10]). Überall sind Arbeiten zur einheitlichen Erklärung, Bestimmung und Bewertung dieser Eigenschaften im Gange, zahlreiche verfeinerte Dehnungsgeräte und Verfahren wurden entwickelt.

Prüfung bei hohen Temperaturen Die zunehmende Anwendung hoher Drücke und Temperaturen im Kraftmaschinenbau gaben Veranlassung zu eingehenden Arbeiten über die Werkstoffprüfung bei höheren Temperaturen. Besondere Aufmerksamkeit wurde der sogenannten Standfestigkeit bei höheren Temperaturen gewidmet, wobei Verfahren ähnlich den bei der Prüfung feuerfester Baustoffe[11]) bekannten entwickelt wurden.

Dauer- und Schwingungsfestigkeit Da die neuzeitlichen schnellaufenden Maschinen erheblichen Dauer- und Schwingungsbeanspruchungen ausgesetzt sind, entstanden neue Verfahren und Maschinen zur Prüfung und Bestimmung der Dämpfung und Beanspruchungsgrenzen bei mehr oder weniger rasch wechselnden Beanspruchungen[12]). Besonders die bei wiederholter Zug- und Druckwechselbeanspruchung auftretenden Hystereseerscheinungen scheinen ähnlich wie die entsprechenden magnetischen Prüfungen ein Unterscheidungsmaß verschieden zusammengesetzter und behandelter Werkstoffe zu bilden.

Verschleißfestigkeit Zur Prüfung der an sich schlecht erklärten Verschleißfestigkeit wurde eine neue Maschine entwickelt, deren Diagramme anscheinend gewisse Übereinstimmungen mit den bei Schienen auf der Strecke gemachten Beobachtungen zeigen[13]). Aus andern ausführlichen Arbeiten geht aber hervor, daß alle bisher bekannten Verfahren noch keine sicheren Schlüsse über die Verschleißfestigkeit der geprüften Werkstoffe in der Praxis zulassen.

Prüfung ohne Werkstoffzerstörung Vielfache Versuche, durch Messung magnetischer Eigenschaften eine Prüfung fertiger Erzeugnisse (Schienen, Drahtseile) ohne deren Zerstörung vorzunehmen, scheitern nach amerikanischen Veröffentlichungen zur Zeit noch an der Vielheit der Umstände, die die magnetischen Eigenschaften beeinflussen. Auch die Röntgenprüfung[14]) hat die in sie nach dieser Richtung gesetzten Erwartungen noch nicht erfüllen können. [C 2653] K. Daeves

Stahlveredelung

Werkstoffausnutzung Immer deutlicher läßt sich das Bestreben der Konstrukteure feststellen, die Eigenschaften der Werkstoffe möglichst weitgehend auszunutzen. In diesem Zusammenhang wird mehr als bisher die Streckgrenze als Maß für die der Berechnung zugrunde zu legenden Spannungen benutzt. Darüber hinaus werden aber auch die sonstigen für die Sicherheit der Bauwerke und Maschinen wichtigen Eigentümlichkeiten beachtet, z. B. Alterungserscheinungen, Änderungen der Eigenschaften bei höheren Temperaturen und dergleichen mehr.

---

1) Vergl. Litinsky, Baustoffe für Kammern der Kokereiöfen Halle 1926, Knapp.

2) Vergl. Schenck, „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 665.

3) Dissertation Michel, Breslau 1926.

4) Vergl. Vortrag Wüst, Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute 1926.

5) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1631. 6) Desgl. S. 1667 und Z. Bd. 70 (1926) S. 408. 7) Desgl. Bd. 46 (1926) S. 1641. 8) Desgl. S. 1649.

9) Dissertation Pajunk, Breslau 1926; Metz, „Stahl und Eisen" S. 1577; Dissertation Anke, Breslau 1926.

10) Z. Bd. 70 (1926) S. 9 und 649 u. f.

11) Z. S. 408. 12) Z. S. 1291. 13) Z. S. 415. 14) Z. S. 1634.

Veredelung durch Zusätze Während man sich bisher bei den im Hochbau benutzten Stahlsorten im wesentlichen auf Kohlenstoffstähle beschränkte und die Erhöhung der Streckgrenze beim Hochbaustahl durch Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes erreichte, ist man dazu übergegangen, auch die Wirkung andrer Elemente mehr zu beachten als bisher. Als erste Stahlsorte hat sich in dieser Richtung der mit Silizium legierte Stahl[1]) eingeführt; zur Zeit werden umfangreiche praktische Versuche mit Siliziumstahl angestellt. Es ist anzunehmen, daß auch andre, die Streckgrenze erhöhende Zusätze wie Mangan, Nickel, Chrom und dergleichen in den Grenzen der Wirtschaftlichkeit allmählich mehr Berücksichtigung finden werden. Besondere Beachtung finden auch die günstigen Einwirkungen gewisser Zusätze, wie Vanadium und Chrom, auf die mechanischen Eigenschaften bei höheren Temperaturen, sofern bei der Anwendung des Werkstoffes solche in Frage kommen. Bezüglich der Rostbeständigkeit werden umfangreiche Untersuchungen angestellt, um zu ermitteln, ob für die deutschen Verhältnisse die günstige Wirkung des Kupferzusatzes zum Flußstahl ebenfalls zutrifft. Bei hochbeanspruchten Baustählen wird die Frage der Anlaßsprödigkeit mehr beachtet als bisher, und es werden bei den dieser Eigenschaft unterworfenen Stählen gewisse Zusätze wie Molybdän und dergleichen gemacht, um sie gegen Anlaßsprödigkeit etwas widerstandfähiger zu gestalten.

Auf dem Gebiete der Werkzeugstähle wird dem Stellit ähnlichen Legierungen neuerdings wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Insbesondere sind gewisse Legierungen des Wolframs in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Die Eigentümlichkeiten dieser Schneidlegierungen verlangen sorgfältigstes Studium ihrer Anwendungsgebiete. Eine größere Haltbarkeit bei Warmpreßwerkzeugen und Gesenken wird dadurch erreicht, daß man, ausgehend vom Schnelldrehstahl, zähe Legierungen herstellt, die eine besonders hohe Anlaßbeständigkeit aufweisen und in den hohen Temperaturen, bei denen sie beansprucht werden, sowohl ausreichende Festigkeit als auch genügenden Widerstand gegen Abnutzung haben.

Veredelung durch mechanische Verformung Die Erkenntnis, daß Dauerbrüche häufig dadurch entstehen, daß der Verlauf der Spannungen und derjenige der Fasern der geschmiedeten oder gewalzten Stücke ungünstig zueinander liegen, hat die Aufmerksamkeit auf die Art der Formgebung gelenkt. Man sucht daher bei hochbeanspruchten Maschinenteilen bereits bei der Formgebung durch Schmieden, Pressen und dergleichen darauf zu achten, daß der Faserverlauf sich nach Möglichkeit dem Spannungsverlauf anpaßt. Es ist selbstverständlich darauf zu achten, daß auch bei der späteren Bearbeitung diese Vorsichtsmaßregel durch fehlerhafte Anbringung von Einschnitten (Keilnuten, Schmierlöchern und dergleichen) nicht unwirksam gemacht wird.

Die Erhöhung der Härte und Festigkeit an der Oberfläche durch das Prägepolieren, d. h. Verquetschung einer dünnen oberflächlichen Schicht des Werkstoffes durch eine hochglanzpolierte Walze, hat sich bei Zapfen bewährt.

Veredelung durch Warmbehandlung Auf diesem Gebiete finden sich zahlreiche Neuerungen in dem Maße wie die Kenntnis der günstigen Eigenschaften wärmebehandelter Stahlsorten sich verbreitet. Während man bisher der Ansicht war, daß man Werkstücke aus gehärtetem und nur wenig angelassenem Stahl nicht verwenden solle, weil mit der Härtung eine Erhöhung der Sprödigkeit verbunden sei, geht man mehr und mehr zu der Auffassung über, daß die hohe Lage der Streckgrenze des Werkstoffes bei solchen Werkstücken eine erhebliche Sicherheit gegen Dauerbrüche bedeutet. Besonders hochbeanspruchte Kurbelwellen aus solchem Stoff scheinen sich sehr gut zu bewähren, insbesondere auch deshalb, weil diese Wärmebehandlung eine besondere Härtung an den Lagerstellen unnötig macht.

In der gleichen Richtung liegt die wachsende Verwendung von Vergütungsstählen für Zahnräder. Vorausgesetzt, daß die Vergütung mit Hilfe genauest nachgeprüfter Einrichtungen durchgeführt wird, läßt sich der an und für sich teure Vergütungsstahl auch wirtschaftlich mit besserem Erfolge verwenden als ein nicht vergütbarer Stahl, der durch die unbequeme Einsatzhärtung stellenweise eine Oberflächenhärtung erfahren muß. Die Unbequemlichkeiten der Einsatzhärtung umgeht man für gewisse Teile im Kraftwagenbau durch die einfacher zu handhabende Nitrierung[2]), die zudem den Vorteil hat, daß die Formänderungen der nitrierten Teile nur unwesentlich sind und das ganze Verfahren bei sehr niedriger Temperatur durchgeführt werden kann. [C 2704] Goerens

[1]) Z. S. 860, 1860. [2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 612.

Metalle und Legierungen

Kupfer Das wichtigste der Nichteisenmetalle, das Kupfer, hat in den letzten Jahren den Walzwerken erhebliche Schwierigkeiten gemacht, weil die Walzbarren (wire bars), insbesondere amerikanischer Herkunft, beim Heißwalzen zum Aufreißen neigten. Nachdem die mit der Massenherstellung zusammenhängenden Ursachen, eine zu hohe Gießtemperatur und eine ungenügende Überwachung des Kupferoxydulgehaltes, erkannt worden sind, können auch die Schwierigkeiten im wesentlichen als beseitigt gelten.

Aluminium Auf dem Gebiete des Leitungsaluminiums werden, fußend auf den Fortschritten der Reindarstellung und der Verarbeitung, neue, die bisherigen deutschen Normen wesentlich übersteigende, internationale Leitfähigkeitsnormen vorbereitet.

Die Frage der Eisenaufnahme vom geschmolzenen Aluminium und seines Schmelzens in Eisengefäßen ist eingehend untersucht worden, ohne daß völlige Klarheit erreicht worden wäre. Bei Wahrung gewisser Vorsichtsmaßnahmen scheint die Eisenaufnahme äußerst gering zu sein.

Spritzguß Auf dem Gebiete der Legierungen stehen die Al-Legierungen nach wie vor im Mittelpunkt der Entwicklung (vergl. Bericht von Meißner). Der Aluminiumspritzguß findet eine immer größere Verbreitung, es zeigt sich aber immer deutlicher, daß er den Zinkspritzguß nicht zu verdrängen vermag, wie vielfach erwartet wurde. Durch geeignete Maßnahmen (Verwendung reiner Ausgangstoffe, geeigneter Oberflächenschutz, gegebenenfalls künstliches Altern) ist es gelungen, eine für sehr viele Zwecke ausreichende Zeitbeständigkeit des Zinkspritzgusses zu erreichen. Auch aus Elektron (Hauptbestandteil Magnesium) wird Spritzguß hergestellt. Neuerdings ist das Tiefziehen von Elektron gelungen.

Aluminiumlote Für Aluminiumlote versucht ein Ausschuß der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde eine einheitliche und wirtschaftliche Beurteilung zu erreichen.

Warmwalzen von α-Messing Auf andern Legierungsgebieten sind wesentliche Neuerungen nicht zu verzeichnen. Die Technik des Warmwalzens von α-Messing ist heute im größten Maßstabe durchgebildet und beherrscht die Fabrikation.

Anfressung, säurebeständige Legierungen Eine steigende Beachtung hat die Frage der Anfressung und insbesondere der säurefesten Legierungen gefunden. Auf der Hauptversammlung des V. d. I. in Hamburg ist unter Leitung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde eine Reihe von Vorträgen über diesen Gegenstand gehalten worden, an die sich eine ausgiebige Aussprache anschloß[3]). [C 2703] Masing

Veredelbare Aluminiumlegierungen

Neue Verwendungsgebiete Allmählich erobern sich die Aluminiumlegierungen neue Verwendungsgebiete, die vorzugsweise auf dem Gebiet der Verkehrsmaschinen liegen. So war z. B. auf der Automobilausstellung in Berlin zum ersten Male die Verwendung des Duralumins im Kraftradbau zu bemerken. Die ausgestellten Duralumin-Neander-Motorräder sind wesentlich leichter gebaut als Maschinen gleicher Motorenstärke und erreichen wegen der geringeren toten Last höhere Leistungen. Auch auf andern Gebieten, z. B. im Eisenbahnwesen und im Schiffbau, scheint die Verwendung von Aluminiumlegierungen zuzunehmen.

Veredelungsvorgänge Das von der Aluminum Company of America hergestellte Aluminium höchster Reinheit ist zur erneuten Untersuchung der wichtigsten Legierungssysteme herangezogen worden. So ist z. B. der Mischkristallbereich des Aluminiums mit Kupfer durch sehr sorgfältige Untersuchungen nachgeprüft worden, als wissenschaftliche Grundlage für technisch wichtige Legierungen. Auch sind bei der Aluminum Company die ersten Veredelungsversuche an einem Duralumin ausgeführt worden, das aus Aluminium höchster Reinheit hergestellt war, das nur 0,03 vH Eisen und 0,02 vH Silizium enthielt. Der Zweck dieser Versuche war, die allgemeine Anschauung nachzuprüfen, daß die Veredelung des Duralumins in der Hauptsache durch die Verbindung Mg_2Si herbeigeführt wird, die sich aus dem zulegierten Magnesium mit dem als Verunreinigung enthaltenen Silizium bildet. Vor dem elektrolytischen Reinigungsverfahren der Aluminum Company war es nicht möglich, eine Duraluminlegierung herzustellen, die nicht das ganze oder mindestens den größten Teil

[3]) Z. S. 1172; Zeitschr. f. Metallk. Bd. 18 (1926) Heft 12 (Fachheft)

des Magnesiums in Form der Verbindung Mg_2Si enthielt. Die ersten Versuche ergaben eine wesentlich höhere Veredelung des Duralumins aus reinem Aluminium, als nach den theoretischen Vorstellungen zu erwarten gewesen war. Die Versuche dürften möglicherweise in ihren weiteren Ergebnissen geeignet sein, eine völlige Umwälzung bezüglich der Erklärung der Duraluminveredelung herbeizuführen, jedoch läßt sich vorläufig hierüber noch nichts Endgültiges aussagen.

Neue Legierungen Als neue veredelbare Aluminiumlegierungen sind die vom Metalllaboratorium der Firma Th. Goldschmidt A.-G., Essen, ausgearbeiteten und von der Firma Carl Berg A.-G., Werdohl, W., hergestellten Legierungen Montegal und Constructal 2 und Constructal 8 zu erwähnen. Die Legierung Montegal soll hauptsächlich für Leitungszwecke Verwendung finden, während Constructal 2 und Constructal 8, wie schon aus den Bezeichnungen ersichtlich, als Konstruktionsbaustoffe dienen sollen. Der Unterschied ist dabei der, daß Constructal 2 an solchen Stellen verwendet wird, wo eine besonders hohe Verformbarkeit und Korrosionsbeständigkeit verlangt werden, Constructal 8 dagegen für Teile mit besonders hoher Festigkeit und Härte Verwendung findet.

Gußlegierungen Auf dem Gebiete der Aluminium-Gußlegierungen sind mehrere neue Untersuchungen in verschiedenen Ländern ausgeführt worden, die die Erforschung der Gründe der Raffination der Aluminium-Silizium-Legierungen (Silumin/Alpax) durch Natrium oder Natriumsalze zum Ziele hatten. Die Vorstellungen gehen jetzt etwa dahin, daß, begünstigt durch eine Unterkühlung, die die Anzahl der Kristallisationskerne vermehrt, die feine Gefügeausbildung des Silumins und die damit im Zusammenhang stehende Verbesserung der mechanischen Eigenschaften auf eine Behinderung des Kristallwachstums der Siliziumkerne durch Natrium zurückzuführen ist. Welcher Art diese Behinderung ist, ob rein mechanisch oder durch Adsorption des Natriums durch Silizium oder auf andre Weise, ist vorläufig noch nicht klargestellt worden. Auf der andern Seite haben die nicht unbeträchtlichen Abweichungen in den Versuchsergebnissen der einzelnen Forscher gezeigt, daß bei der Raffination des Silumins sehr viel verschiedene Einflüsse mitspielen, die im einzelnen noch nicht alle planmäßig erforscht sind, und deren Erforschung auch dadurch erschwert wird, daß es kaum möglich ist, bei solchen Untersuchungen die übrigen Einflüsse stets vollkommen gleichmäßig zu erhalten.

Auf dem Gebiete der veredelbaren Aluminium-Gußlegierungen ist bei der Aluminium Company of America weitergearbeitet worden. Unter Verwendung von Aluminium höchster Reinheit wurde eine Aluminium-Kupfer-Legierung entwickelt, die nach geeigneter Wärmebehandlung als Sandguß in einem Fall eine Zugfestigkeit von 37,8 kg/mm² bei 15 vH Dehnung ergab, Werte, die bisher bei Sandgußlegierungen noch nicht erreicht worden sind. Die weitere Arbeit in dieser Richtung läßt eine erhebliche Verbesserung der Aluminium-Gußlegierungen erhoffen.

[C 2654] K. L. Meißner

Prüfung von Baustoffen

Natürliche Bausteine Der vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik eingesetzte Ausschuß für Untersuchung von natürlichen Bausteinen hat Richtlinien für die einheitliche technische Prüfung der Gesteine aufgestellt, die vom Ausschuß, abgesehen von einigen geringfügigen Änderungen, genehmigt sind. Die vor etwa 15 Jahren begonnene Beobachtung von an verschiedenen Stellen Deutschlands (Dahlem, Harz, Ruhrort und Westerland) der Witterung ausgesetzten Bruchsteinproben ist fortgesetzt worden; desgleichen die Untersuchung verschiedener Schutzmittel auf ihre schützende und erhaltende Wirkung. Graf[1]) hat verschiedene natürliche Gesteine und Hochofenschlacke auf elastische Eigenschaften untersucht zwecks Feststellung des Einflusses der aus den Gesteinen erzeugten Zuschlagstoffe auf die Elastizität von Beton. Granit und Buntsandstein zeigten hierbei ziemlich große bleibende Zusammendrückungen. Beide Gesteine wurden auch durch Wasserlagerungen erheblich nachgiebiger.

Zement Das Gebiet der Zementforschung und -prüfung ist im vergangenen Jahre überreich an Arbeiten verschiedenster Art gewesen. Wever[2]) untersuchte Zemente durch Röntgenaufnahmen. Hochofenschlacke wurde amorph (glasig) gefunden. An Portlandzementklinkern wurden kristalline Bestandteile festgestellt. Tonerdezementklinker enthält viel kristalline Substanz, desgleichen erhärteter Portlandzement. Dagegen sind im abbi denden Zement keine kristallisierten Fasern vorhanden.

Berl und Löblein[3]) haben Versuche mit Schmel zementen auf Widerstandfähigkeit gegenüber chemische Einflüssen ausgeführt. Maschinenöl ist ohne Einfluß, Su fitablauge (über 1 vH im Anmachewasser) und schwächs Zuckerlösungen verhindern das Erhärten, $CaCl_2$-Lösung b wirkt schnelleres Abbinden und Erhöhung der Druckfestig keit. Durch zahlreiche Versuche weist Gonell[4]) nac daß das Absanden beim Abbinden des Tonerdezement auf Wirkung der Kohlensäure der Luft zurückzuführen is

Burchartz[5]) hat die 10jährigen Versuche mit Hoch ofenzement — zwecks Anrechnung der Gleichwertigkeit m anderen Zementen — abgeschlossen. Guttmann[6]) b richtet über ein Verfahren zur Bestimmung der Kornfein heit von Zement durch Sedimentation. Das Verfahre gibt bei Korngrößen über 60 μ erhebliche Unterschied gegenüber den Siebverfahren. Der Verfasser untersuch analytisch und optisch die durch Sedimentation getrennte Fraktionen. Der Anteil an Körnern, die größer sind a die größten berechneten, betrug im Mittel 6,5 vH.

Haegermann[7]) untersuchte 15 deutsche hochwe tige Portlandzemente und einen französischen Schmel zement. Der Verlauf der Druckfestigkeiten bei hochwe tigem Portlandzement zeigt eine gute Nacherhärtung a Ein Ausgleich der Druckfestigkeiten der gewöhnlichen u hochwertigen Portlandzemente findet nach einem Jahr noc nicht statt. Die Werte liegen bei hochwertigem Zeme wesentlich höher. Die Druckfestigkeit von Tonerdezeme ten ist bei höherem Alter (von 90 Tagen an) unveränder Die Zugfestigkeit weist einen von der Druckfestigkeit u abhängigen Verlauf auf. Sie geht vorübergehend etwa zurück, und zwar um so frühzeitiger, je energischer sic die Anfangserhärtung vollzieht.

Zuschlagstoffe Burchartz[8]) hat bei Versuchen m Rheinsanden verschiedener Herkun wesentliche Unterschiede in der Mörtelfestigkeit g funden. Die Ursache lag in der verschiedenen Kornzu sammensetzung der Sande. Bei Versuchen zur Verbesse rung eines Natursandes durch Zusatz von Gesteinmehl e höhte sich wesentlich der Dichtigkeitsgrad der Sande, jedoc sank die Mörtelfestigkeit. Zuviel feineres Korn im Zu schlagstoff ist also schädlich. Weitere Versuche von Bu chartz[9]) liefern den Nachweis, daß der Zusatz von G steinsplitt zu Kies und Kiessand die Betonfestigkeit e höht. Der Zusatz von Splitt ist wirtschaftlich, weil zu Herstellung des Betons geringere Zementmengen verwe det werden können, ohne Beeinträchtigung der Festigkei

Beton Schmer[10]) berichtet über die Ergebnisse vo im Auftrage des Deutschen Ausschusses fü Eisenbeton ausgeführten Versuchen mit Gußbeton. Da Gießverfahren übt allgemein keinen schädlichen Einflu auf die Festigkeit des Betons aus. Streng flüssiger Beto (11 bis 12 vH Wasserzusatz) ist zu empfehlen, da geringer Entmischung erreicht wird. Die nach den neuen Bestim mungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton gefo derten Mindestfestigkeiten für Würfel ließen sich bei zäh flüssigem Gußbeton erreichen, wenn die Kornzusammen setzung des Zuschlagstoffes richtig gewählt wird. Di reine Neigung ergab sich im Mittel bei streng flüssiger Beton zu 28°, bei leicht flüssigem zu 22½°. Beim Beförder zähflüssiger Massen im Rollwagen trat Entmischung ein.

Nach Versuchen von Graf[11]) wird die höchste Festig keit von Beton erreicht, wenn der verwendete Mörte (Trockengemisch aus Zement und Sand) die Kornzusam mensetzung aufweist: 25 vH Durchgang durch das 900e Maschensieb, 35 vH Durchgang durch das Sieb von 1 mm Lochdurchmesser und 65 vH Durchgang durch das Sieb vo 3 mm Lochdurchmesser.

Festigkeitsversuche mit Beton von Amos[12]) ergebe die Möglichkeit der Vorausschätzung der 28-Tage-Festigkei von Beton auf Grund der 3- und 7-Tage-Festigkeit. Ähn liche Versuche haben Grün und Kuntze[13]) ausgeführ und stellen auf Grund der Ergebnisse für die Voraus berechnung der 28-Tage-Festigkeit auf Grund der 7-Tage Festigkeit folgende Formel auf: $D_{28} = D_7 + 6\sqrt{D_7}$, in de D_{28} die 28-Tage-Festigkeit und D_7 die 7-Tage-Festigkeit bedeutet. Die gleiche Formel ist auch geeignet, aus de 3-Tage-Festigkeit auf die 7-Tage-Festigkeit zu schließen wenngleich die Werte hierbei nicht so genau werden

[1]) „Beton und Eisen" Bd. 25 (1926) S. 399
[2]) „Zement" Bd. 15 (1926) S. 220

[3]) „Zement" Bd. 15 (1926) S. 642. [4]) desgl. S. 714.
[5]) Zentralblatt der Bauverwaltung Bd. 46 (1926) S. 241.
[6]) „Zement" S. 164. [7]) „Zement" S. 22.
[8]) „Zement" S. 356. [9]) desgl. S. 151.
[10]) Mitteilungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton, Heft 55 Verlag W. Ernst & Sohn.
[11]) Z. Bd. 70 (1926) S. 411.
[12]) „Beton und Eisen" Bd. 25 (1926) S 116.
[13]) „Bauingenieur" Bd. 7 (1926) S. 166

)$_7 = D_3 + 6 \sqrt{D_3}$). Voraussetzung für die Gültigkeit dieser
ormel ist jedoch, daß die Erhärtung der Betonproben in
iden Perioden (0 bis 7 Tage und 7 bis 28 Tage) unter
n gleichen Verhältnissen (Temperatur, Lagerart usw.)
attfindet.

Versuche von Kayser[1]) mit Mörtel und Beton
ter Einwirkung von Frost von — 40 °C nach 1-, 3-, 7-
d 28tägiger Erhärtung der Proben ergaben:

1) Mörtel und Betonproben werden nach etwa 7-tägiger frostfreier Erhärtung selbst durch starken Frost in ihrer Festigkeit nicht wesentlich geschädigt. Wenn vorzeitig Frost eintritt (nach 7 Tagen Vorerhärtung), so findet starke Beeinträchtigung der Festigkeit statt.
2) Zusätze von Si-Stoff sind bezüglich der Frosteinwirkung nicht günstig.
3) Haftfestigkeit des Betons an den Eiseneinlagen wird nur dann wesentlich herabgesetzt, wenn der Frost früher als nach 7 Tagen Vorerhärtung eintritt. Zusatz von Si vermindert die Haftfestigkeit des Betons am Eisen.
4) Frostwechsel (—25 ° und + 18 °) sind schädlich, wenn Frost vorzeitig (früher als nach 7 Tagen Vorerhärtung) eintritt.

Straßenbaustoffe Grengg[2]) untersuchte Schotter in einer Trommelmühle von Dreieckquerschnitt. Der zu prüfende Schotter gleicher Korngröße urde 4 h ohne fördernde Zugabe, 3 h unter Beifügung von ichten Stahlstückchen, dann 4 h unter Beigabe von drei hweren Stahlkugeln und schließlich die letzte Stunde ieder ohne Fremdkörper in der Trommel gemahlen. Als aß für die Beurteilung der Abnutzung der Schotters gilt ie Menge an staubfeinem Abfall.

[1]) „Die Bautechnik" Bd. 4 (1926) S. 22 u. f.
[2]) „Sparwirtschaft" 1926 H. 2 S. N. 17.

Steinholz Burchartz[3]) führte Versuche zur Feststellung der Ursache des Rissigwerdens von Steinholz-Fußbodenbelag durch. Das Rissigwerden ist eine Folge des Eintrocknens oder Schwindens infolge Wärmeeinwirkung und tritt dann ein, wenn der Steinholzbelag am Unterbeton fest haftet. Bei Nichthaften tritt keine Rißbildung ein.

Keramische Rohstoffe und Erzeugnisse Der von der Deutschen Keramischen Gesellschaft eingesetzte Materialprüfungs-Ausschuß hat sich mit der Aufstellung von Richtlinien für einheitliche Prüfung keramischer Rohstoffe und Erzeugnisse beschäftigt. Ein Entwurf für solche Richtlinien liegt dem Ausschuß zur Beratung vor. Der von dem Deutschen Normenausschuß gebildete Unterausschuß Prüfverfahren, ein Fachnormenausschuß für feuerfeste Baustoffe, der mit der Ausarbeitung von Normenblättern für einheitliche Prüfung feuerfester Baustoffe betraut ist, hat Entwürfe für Verfahren zur Prüfung feuerfester Steine vorgelegt. Diese beziehen sich auf Begriffsbestimmungen, Probeentnahme, chemische Analyse, Feuerfestigkeit, Erweichungspunkt unter Belastung, spezifisches Gewicht, Raumgewicht, Porosität, Nachschwinden und Nachwachsen.

Dachpappe Auf Grund der Ergebnisse umfangreicher, im Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, ausgeführter Versuche mit Teerdachpappen und dern Rohstoffen, hat der vom Verbande Deutscher Dachpappenfabrikanten eingesetzte Normenausschuß Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Teerdachpappen aufgestellt. Weitere Untersuchungen sind im Gange, um auch solche einheitlichen Prüfungsvorschriften für teerfreie Dachpappen zu schaffen.

Burchartz

[C 2652]

(Forts. folgt)

[3]) „Zement" Bd. 15 (1926) S. 497

Eine neue Art der Schleppschiffahrt

Beim Schleppbetrieb mit Dampfern werden auf Flüssen ur höchstens 25 vH der indizierten Maschinenleistung, auf Kanälen mit etwa dem fünffachen Querschnitt des eingetauchten Querschnitts der Schiffe bei Schleppgeschwindigkeiten von rd. 4 km/h sogar nur 16 vH als Zugkraft auf die chleppkähne übertragen. Mit einem Schleppgerät, das sich uf fester Bahn bewegt, kann dagegen ein Wirkungsgrad von ahezu 70 vH erreicht werden. Aus diesem Grunde hat man uf verschiedene Weise versucht, einen Treidelverkehr von ester Straße aus durchzuführen.

Erinnert sei hier nur an den Schleppbetrieb mit Pferden oder mit Raupenschleppern, wie er an den Binnenwasserstraßen in Frankreich üblich ist, und an den elektrischen Treidelbetrieb z. B. in der von Siemens-Köttgen durchgebildeten Art am Teltowkanal. Beide Arten aben unbedingt ihre Vorteile, aber den großen Nachteil, aß sie die Uferwege für sich beanspruchen, dadurch den Lösch- und Ladeverkehr an den Ufern behindern und für ie Überquerung von Seitenkanälen und Hafeneinfahrten eure Brückenbauten erfordern.

Schon verschiedentlich ist versucht worden, diesen Übelstand dadurch zu beheben, daß man die Bahn des Zugmittels im Wasser angeordnet hat, wie z. B. die Kette in er Kettenschleppschiffahrt (Tauerei), die noch heute im Oberlauf mancher Flüsse mit starker Strömung benutzt wird. Einen andern Vorschlag hat jetzt Reg.-Baumeister Arthur H. Müller, Hamburg, ausgearbeitet. Er verlegt die Treidelschiene, an der die Zugmaschine hängt, in 6 bis 7 m Höhe über die Wasseroberfläche, so daß sowohl die Fahrstraße als auch das Ufergelände vollständig frei bleibt, Abb. 1 bis 5.

Der Schleppbetrieb nach dieser Art geht so vor sich, daß an der Fahrbahn über dem Wasser eine Maschine mit einem Elektromotor, dem der Strom über einen Schleifdraht zugeführt wird, entlang rollt und den Schleppkahn an einem Seil hinter sich herzieht. Jeder Schleppkahn wird dadurch gewissermaßen zum Selbstfahrer, da die Zugmaschine vom Schiff aus durch eine Druckknopfsteuerung bedient werden kann.

Die aus I-Eisen gebildete Fahrschiene, an der die elektrische Zugmaschine fährt, hängt an einem Tragwerk aus Rundeisenstäben, das in Abständen von 150 bis 200 m auf quer über den Wasserlauf gestellten Stützböcken oder andern Festpunkten gelagert ist. Das Hängewerk ist so ausgeführt, daß in keinem Stab Druckkräfte auftreten, sondern daß alle Stäbe sowohl in der Ruhelage als auch im Betrieb auf Zug beansprucht werden.

Das Hängewerk ist in der Querrichtung nicht versteift, kann also seitlichem Zug oder Winddruck elastisch nachgeben. Die Fahrbahn ist mit einhüftigen Tragbügeln an dem Tragwerk aufgehängt. Die Fahrschiene soll mit Rücksicht auf wechselnde Wasserspiegelhöhe stets 6 bis 7 m über dem Wasser liegen. Sind Brücken mit geringer lichter Höhe zu unterfahren, so wird die Schiene mehr seitlich zum Ufer geführt, damit Berührungen mit der elektrischen Leitung ausgeschlossen werden. Schleusen ohne Überbrückungen können ohne weiteres für den Schleppverkehr mit der Treidelschwebebahn hergerichtet werden. Wenn

Abb. 1 bis 4. Anordnung einer Treidelschwebebahnanlage für breite Wasserstraßen

Abb. 5. Treidelschwebebahnanlage an breiten Wasserstraßen

Abb. 9. Hamburger Versuchstrecke der Treidelschwebebahn

dagegen das Unterhaupt überbrückt ist, so muß die Schlepptrosse beim Überqueren der Brücke für kurze Zeit abgeschlagen werden. Ist das Fahrwasser sehr breit, so werden am zweckmäßigsten die Stützböcke als einfache Pfeiler in die Mitte des Stroms gebaut. Die konstruktive Durchbildung der den Kanal überspannenden Stützböcke und der Gurtungen ist aus Abb. 1 bis 5 ersichtlich.

Die große Entfernung der Stützböcke von 150 bis 200 m läßt einen ungehinderten Lösch- und Ladeverkehr an den Ufern zu, doch können in Fällen, wo aus besonderen Gründen eine längere Uferstrecke vollkommen freibleiben muß, die Stützböcke ebenfalls in die Mitte des Fahrwassers gesetzt werden.

Als Zugmaschine ist probeweise eine Katze gebaut worden, die mit je zwei Rollen am Ober- und Unterflansch der Fahrschiene geführt ist und durch einen Elektromotor angetrieben wird, Abb. 6 bis 8. Die Reibung, die zur Aufbringung der Zugkraft nötig ist, wird durch das Gewicht der Maschine, durch eine federnde Spannvorrichtung *f* in Abb. 6, durch welche die Räder an die Schiene angepreßt werden können, und durch die Übertragung des Schleppwiderstandes auf diese Spannvorrichtung hervorgerufen, so daß stets ein dem Zugwiderstand entsprechender Anpreßdruck herrscht.

Mit Rücksicht auf die in Kanälen zulässige Fahrgeschwindigkeit ist die Maschinenleistung auf 20 bis 30 PS_e bemessen, wodurch auf einen Kahn mit 600 bis 800 t Ladung (Dortmund-Ems-Kanalschiff) bei 7 km/h Fahrgeschwindigkeit eine Zugkraft von 775 bis 1160 kg ausgeübt werden kann.

Abb. 6 bis 8
Zugmaschine einer Treidelschwebebahnanlage nach Abb. 1 bis 5

Dem Elektromotor, einem Gleichstrom-Hauptschlußmotor, wird der Strom mit 800 V Spannung von einer Schleifleitung aus zugeführt. Der gesamte Anlaßapparat (Schaltwalze und Anlaßwiderstände) ist an der Maschine selbst untergebracht, so daß auch sie von einem an ihr befestigten Führersitz aus bedient werden kann. Anderseits kann die Maschine, wie schon erwähnt, vom geschleppten Schiff aus gesteuert werden. Zu diesem Zweck wird ein dünnes Kabel zur Leitung des Steuerstroms von der Maschine zum Führerstand des Schiffes geführt. Der Anlasser wird dann durch Drücken auf einen Knopf eingestellt, wobei die einzelnen Schaltungen dem Schiffer durch Signale an der Maschine sichtbar gemacht werden.

Bemerkenswert ist die Übertragung der Zugkraft auf die Schlepptrosse; sie ist an ihrem oberen Ende unter Zwischenschaltung einer Federeinrichtung an einer Rolle befestigt, die lose in einem dreieckigen Bügel aus Stahl hängt, der so geformt ist, daß sich die Rolle je nach der Fahrtrichtung stets in die entsprechende hintere obere Ecke einstellt. Über den Bügel wird der Schleppwiderstand auf ein Hebelwerk übertragen, das die Rollen an die Schienen anpreßt. Der Bügel ist außerdem um eine Achse in der Fahrtrichtung schwingfähig aufgehängt, so daß er sich mit seiner Ebene stets in die Richtung des Zuges einstellt. Das Auftreten gefährlicher Drehmomente in der Maschine, im Bügel und im Hängewerk bei seitlichem Zug soll dadurch vermieden werden. Die konstruktive Durchbildung dieser Treidelschwebebahn ist bereits an einer 300 m langen Versuchstrecke der Wasserstraßenbahn-Gesellschaft in Hamburg mit Erfolg erprobt worden, Abb. 9.

Die Anlagekosten für eine solche Bahn an Kanälen von 35 m Spiegelbreite sollen rd. 85 000 RM/km betragen, so daß sich die Unterhaltungskosten (rd. 10 vH) auf 0,041 bis 0,815 ₰/tkm je nach einer Verkehrstärke von 20 bis 1 Mill. t stellen. Der Anschaffungspreis für eine Zugmaschine kann mit 8000 RM und die festen Betriebskosten können je nach der Betriebstundenzahl von 3600 bzw. 6000 Stunden jährlich mit 0,27 bzw. 0,56 RM/h in Rechnung gesetzt werden. Für Putz- und Schmiermittel sind 0,03 bis 0,04 RM/h aufzuwenden, so daß bei einer 30 PS_e-Maschine die Maschinenkosten 1 oder 2 ₰/PS_eh betragen. Bei einem Wirkungsgrad von 75 vH wäre der Stromverbrauch für 1 PS_eh 1 kWh. Zu den Maschinenkosten kommen also noch die Kosten für den Strom hinzu, die sich je nach Tarif auf 6 bis 10 ₰/kWh stellen. Die Kosten für eine PS_e-Stunde betragen somit 7 bis 12 ₰. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung hat nun ergeben, daß bei einem Jahresverkehr von mehr als 0,8 Mill. t der Schleppbetrieb mit einer Treidelschwebebahn billiger wird als der Schleppdampferbetrieb, wenn einerseits mit einer Verzinsung von 4 vH der Anlage und 6 ₰/kWh Stromkosten, anderseits mit 0,6 ₰/tkm Dampferschlepplohn gerechnet wird. Bei einer Verzinsung von 7 vH und 10 ₰ Kilowattstundenpreis liegt die Grenze bei 1,2 Mill. t Jahresverkehr.

Diese neue Art des Schleppbetriebes hat also in wirtschaftlicher Hinsicht unzweifelhaft ihre Vorteile gegenüber dem Schleppdampferbetrieb. Wie weit die theoretischen Berechnungen den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen, muß erst die praktische Betrieb erweisen. Die in Hamburg aufgebaute Versuchstrecke gibt, da bei ihr ein kleiner Kahn über Land gezogen wird, sicher noch kein wahres Bild des praktischen Betriebes.

Berlin [M 2385] Dipl.-Ing. F. Isermann

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Abb. 1. Lufthammer mit rd. 1500 kg Bärgewicht, erbaut von B. & S. Massey Ltd. Manchester

Werkzeugmaschinen

Großer Doppelständer-Lufthammer mit 1500 kg Bärgewicht

Als eine den Schmiedewerkstätten allbekannte Tatsache rf hingestellt werden, daß die Lufthämmer wegen ihrer ößeren Wirtschaftlichkeit und nicht zum mindesten auch gen des reinlicheren Betriebes immer mehr Eingang in neuzeitlichen Schmiedebetriebe gefunden und bis zu gessen Größen den Dampfhammer verdrängt haben. In dem ße, wie die Konstruktionen dieser Lufthämmer fortgezt vervollkommnet wurden, haben sich die Grenzen, bis denen der Lufthammer dem Dampfhammer vorgezogen rd, immer weiter zu Gunsten des Lufthammers nach oben rschoben. Während sie vorher etwa bei 500 bis 600 kg rgewicht lagen, werden jetzt bereits Lufthämmer mit 1000, sogar 1500 kg Bärgewicht gebaut.

Als Beispiel sei der in Abb. 1 dargestellte, von der Firma & S. Massey Ltd., Manchester, gebaute Lufthammer vorführt[1]), der ein Bärgewicht von rd. 1500 kg (30 cwt) hat, hrend früher der schwerste Lufthammer, den diese Firma rstellte, ein Bärgewicht von 1000 kg aufwies. Wie Abb. 1 igt, wurde der Zweiständertyp, wie er beim Dampfhammer üblich ist, gewählt und hierbei die sonst bei Lufthämmern übliche Einständerbauart wohl aus dem Grunde verlassen, weil eine zu schwere Beanspruchung eines einzelnen Ständers im Hinblick auf die Größe des Hammers befürchtet wurde.

Abb. 2. Schnitt durch Pumpenzylinder und Kolben des Lufthammers

Ein Antriebsmotor von 50 PS mit Schwungrad und einer Räderübersetzung (19 auf 119 Zähne, Ritzel aus Rohhaut) betätigt die Kurbelwelle, deren einer Kurbelschenkel unmittelbar mit dem Rad verbunden ist, um ein Lockern von Keilen zu verhindern; von der Kurbelwelle wird der Pumpenzylinder betrieben, der mit dem Steuerkasten und Bärzylinder in einem Stück gegossen und an dem Hauptständer sicher befestigt ist.

[1]) „Machinery" Bd. 28 (1926) S. 341.

Der Pumpenkolben ist, wie aus Abb. 2 hervorgeht, in Hohlguß ausgeführt; ein in einem Auge eingesetzter Zapfen verbindet den Kolben mit der Pleuelstange. Die Steuerung wird durch einen einzigen Hebel bewirkt, sie ist sehr feinfühlig und ermöglicht, nach Bedarf leichte oder schwere Schläge zu geben, ebenso auch Einzelschläge von jeder gewünschten Stärke und Hublänge je nach Betätigung des Steuerhebels auszuführen. Mit dem Hebel steht auch der Hammerbär in der höchsten Stellung. Bei einer geringen Bewegung des Hebels geht der Bär auf und nieder, durch eine leichte Abwärtsbewegung werden die Räume über und unter dem Kolben im Pumpenzylinder miteinander in Verbindung gebracht, und der Hammerbär bleibt in Ruhe; bei einer weiteren Abwärtsbewegung des Steuerhebels wird die Zuströmung der Luft unter dem Bärkolben abgesperrt, und der Hammer beginnt zu arbeiten und gibt um so stärkere Schläge, je mehr der Hebel niedergedrückt wird.

Die Steuerung dieser Bewegungen erfolgt durch zylindrische, in auswechselbaren Futtern sitzende Ventile. Die Anordnung eines mit dem Bärzylinder in Verbindung stehenden Luftbehälters ermöglicht bei Einzelschlägen große Schlagstärke. Der Lufteinlaßkanal über dem Bärkolben wird durch diesen in seiner höchsten Stellung verschlossen; die eingeschlossene Luft bildet ein Polster, das eine Berührung zwischen Bärkolben und Zylinderdeckel verhindert.

Die Stopfbüchse des Hammerzylinders ist ein in sich geschlossenes Ganzes und hat federnde, selbsttätige Nachstellung, Kolben und Kolbenstange sind aus einem Stück Stahl geschmiedet und vergütet.

Für die Führung des Hammerbärs sind an den innern Ständerflächen Doppel-V-Bahnen vorgesehen, Abb. 3, die an den Ständern nachstellbar befestigt sind, wodurch das Spiel in den Führungen geregelt werden kann.

Abb. 3. Führung des Hammerbärs

Der größte erzielbare Hub beträgt 995 mm, die lichte Weite zwischen den Ständerführungen 520 mm, die lichte Weite zwischen den Ständern in der wagrechten Ebene der Oberkante des Ambosses 2375 mm. Die Schabotte, die 12 t wiegt, hat eine sehr breite Grundfläche, deren Fundament unabhängig von dem Maschinenrahmen gebaut ist. Der größte Kraftbedarf für schwerste Arbeit beträgt 75 PS; der Stromverbrauch im Mittel 9,4 kWh. Der Hammer führt 75 Schläge in 1 min aus. [M 2257]

Frankfurt a. Main Weil

Baukonstruktionen

Gegenwartfragen im Brücken- und Hochbau

Vom 20. bis 22. September 1926 fand in den Räumen der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich eine von rd. 180 Teilnehmern aus 16 verschiedenen Staaten besuchte Internationale Tagung statt, die in Form von rd. 50 Vorträgen von je 15 min Dauer mit ebenfalls knapp zusammengefaßter Erörterung der Aussprache über neuzeitliche Fragen des Brücken- und Hochbaues dienen sollte. Die vorzüglich vorbereitete und im einzelnen vorbildlich durchgeführte Organisation lag in den Händen von Prof. Dr.-Ing. Rohn, Zürich, und des Direktors der Materialprüfanstalt, Prof. Dr.-Ing. Roš, Zürich, nebst einem größeren Ausschuß. Die wissenschaftlichen Vorträge standen durchweg auf hoher Stufe, und es war sehr lehrreich, zu sehen, daß es immerhin möglich ist, auch in einer Viertelstunde viel Wesentliches zu sagen, sofern alles Beiwerk weggelassen wird. In der Hauptsache wurden die beiden großen Gebiete des Eisenbaues und des Eisenbetonbaues behandelt.

Eisenbauten

Der erste Tag begann mit einem Vortrag von Schaper, Berlin, über die von der deutschen Reichsbahn in den Jahren 1924/1926 ausgeführten Brückenbauten. Infolge der Einstellung des Verkehrs auf großräumige Güterwagen und schwere Lokomotiven, waren zahlreiche Verstärkungen an Brücken aus Eisen und Stein notwendig. Ferner wurden auch die neu erstellten Dreh- und Klappbrücken, sowie die erfolgreiche Anwendung von Baustahl St. 37 und namentlich von Baustahl St. 48 erwähnt. Die Reichsbahn ist hier vielseitigen Aufgaben gerecht geworden.

Einen beachtenswerten Einblick in das Bauschaffen der dänischen Staatsbahnen gab Hiort-Lorenzen, Kopenhagen. Seit 1907 hat der Brückenbau in Dänemark stets zugenommen, und zwar wurden seither 550 Brücken und Viadukte mittlerer und kleinerer Abmessungen ausgeführt, meistens aus Beton und Eisenbeton. In der Hauptsache wurden in Anbetracht der günstigen Bodenverhältnisse eingespannte Gewölbe angewendet.

Schaechterle, Stuttgart, gab sehr wertvolle abgrenzende Vergleiche zwischen der Wirtschaftlichkeit von Eisen- und von Eisenbetonbauten. In der Wertung der verschiedenen Bauweisen müssen immer gewisse örtliche und persönliche Noten berücksichtigt werden, so daß ein Generalnenner nicht möglich ist. Der Vortragende betonte u. a. auch die Notwendigkeit größerer Sicherheit bei Beton- und Eisenbetonbauten, da hier die Güte der Bauausführung von so manchen Umständen abhängig ist.

Beggs, Princeton, berichtete in englischer Sprache über sein Verfahren zur Bestimmung statisch unbestimmter Größen an Hand von Modellen. In Übereinstimmung mit den Erfahrungen schweizerischer Ingenieure, die seine Apparatur ebenfalls erprobt haben, betonte er namentlich den Umstand, daß bei seinem Verfahren die Formänderungen, der Wirklichkeit entsprechend, nur sehr klein wiedergegeben werden, und gerade deshalb, im Vergleich mit andern ähnlichen Verfahren (Gottschalk[1]), Rieckhoff[2]) viel zuverlässigere Ergebnisse liefern. Hübner, Bern, sprach über die Verteilung von Einzellasten durch Fahrbahntafeln aus Eisen, Eisenbeton und Holz. Seine an ausgeführten Bauwerken durchgeführten Untersuchungen ergaben den besonderen Wert der bekannten Tafeln von W. Ritter für Träger mit unendlich vielen Öffnungen[3]). Die Ausbetonierung von eisernen Trägern und die Überbetonierung von Traggliedern hat sich als günstig erwiesen.

Nachdem Meyer, Bern, über die bei den Schweizerischen Bundesbahnen erprobten Spannungsmesser gesprochen hatte, folgten Vorträge von Gehler, Dresden, Hawranek, Brünn, und Kommerell, Berlin, über Ausbildung und Anwendung der neuen hochwertigen Baustähle, St. 48 und Si-Stahl[4]). Alle drei Vortragenden berichteten übereinstimmend über sehr günstige Erfahrungen mit den beiden neuen Stählen, wobei Gehler besonders auch die wertvollen Eigenschaften des Freund-Stahles[5]) hervorhob. Hawranek betonte die wesentlichen Ersparnisse bei Anwendung von St. 48, namentlich bei großen Brücken, seine Mitteilungen wurden durch diejenigen von Kommerell[6]) ergänzt und bestätigt. Dieser erhofft auch wesentliche Gewichtersparnisse beim Bau von Großgüterwagen (Eigengewichte von nur 19 bis 20 t für einen 60 t-Güterwagen). Die hochwertigen Baustähle dürften auch immer mehr an Bedeutung gewinnen bei den Überlegungen, die für die Frage der Verstärkung oder vollständigen Erneuerung von Brücken entscheidend sind[7]).

Fröhlich, Bern, hält nicht viel von der Schweissung von Stahlverbindungen im Eisenbrückenbau. Eher hält er die Schweißung dann für vorteilhaft, wenn sie für das Aufschweißen von Verstärkungsteilen oder von Zentrierleisten auf Schwellenträgern angewendet wird. Engelund, Kopenhagen, berichtete über zwei sehr beachtenswerte Pfeilergründungen, bei zwei neuen großen Brückenbauten. In einem Fall wurden Eisenbetonpfähle von vorher bis auf die Flußsohle abgesenkten Senkbrunnen bis auf den tragfähigen Baugru durchgerammt und darauf sämtliche Hohlräume innerha der Senkbrunnen ausbetoniert. Im andern Fall wurd vorher die Eisenbetonpfähle eingerammt, über deren Köp nachher unten offene Betonhohlkörper gestülpt wurde worauf auch hier wieder durch Ausbetonieren der nöti Verband hergestellt wurde.

Beton- und Eisenbetonbau

Emperger, Wien, berichtete über seine Versuch ergebnisse mit Säulen aus umschnürtem Beto und aus umschnürtem Gußeisen. Seine Da legungen hatten u. a. den Zweck, darauf hinzuweisen, d in den derzeitigen Gebrauchformeln die Möglichkeit feh auch die Eigenschaften des Umschnürungsdrahtes zur G tung zu bringen. Emperger verschaffte den Teilnehme nachmittags noch die Gelegenheit, in der Materialprüfansta einem praktischen Säulenversuch mit umschnürtem Bet beizuwohnen.

Der von seinen früheren Veröffentlichungen und Vo trägen über hochwertige Zemente bekannte Spinde Innsbruck, beleuchtete die Eigenschaften von „frü hochfestem" Zement und Beton von ganz neu Gesichtspunkten aus. An Hand neuartiger graphischer Da stellungen gab er sehr wichtige Einblicke in das Verhalt der verschiedenen hochwertigen Zemente, der Tonerd zemente und des neuen Kühlzements. Anschließend dar berichtete Petry, Oberkassel, über die bisherigen gü stigen Erfahrungen mit sechzehn hochwertigen Zementen der deutschen Baupraxis.

Der Vortrag von Graf, Stuttgart, hatte die Ergebnis der in Bericht 56 des Deutschen Ausschusses für Eisenbet enthaltenen Versuche mit allseitig aufliege den rechteckigen Eisenplatten mit ve schiedener Bewehrung zum Gegenstand. Die B wehrung der kurzen Spannweite ist immer maßgeben jedoch kommt es anderseits auch auf die Art der Verteilu der Längsbewehrung an. Saliger, Wien, berichtete üb beachtenswerte Ausführungen von Eisenbetonroh leitungen von 1,7 und 4,5 km Länge, wobei namentli die Maßnahmen zur Ermöglichung genügender Ausdehnu durch Ausführung von Teilstücken von je 91 oder 420 Länge von Wichtigkeit sind. Die Rohrleitungen wurd versuchsweise einem Innendruck von 3 at ausgesetzt, wob die Zugspannung im Beton 23 oder 28 kg/cm² betrug. Pari Lausanne, sprach über die Berechnung und Bewehrung d Wandteile von Wasserbehältern und ihre elastischen For änderungen, in Verbindung mit den Einspannungsverhä nissen.

Der Vortrag von Kleinlogel, Darmstadt, hatte d Baunachprüfung des Betons zum Gegensta Der Redner vertrat die von allen Einsichtigen geteilte M nung, daß man im Eisenbetonbau mit der Theorie und m den Ausführungen zwar schon sehr weit gekommen, daß aber notwendig sei, der Herstellung und Prüfung des Beto an Hand einer zweckmäßigen Kornzusammensetzung, sow unter Zuhilfenahme einer laufenden Prüfung auf der Ba stelle, viel mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Nur so lass sich Überraschungen und Schäden auf die Dauer mit Siche heit vermeiden.

Nater, Bern, hat Belastungsprüfungen a Sitterviadukt bei St. Gallen (fünf Öffnungen von 30 m Lichtweite) durchgeführt, wobei sich u. a. die Richti keit der Theorie durchlaufender Bogenträger für den vo liegenden Fall ergab. Bisher wurden solche Viaduk meistens so berechnet, als ob die einzelnen Bogenstellung voneinander unabhängig seien. Die neue Berechnung h wesentliche Ersparnisse ergeben.

Einzelfragen

Durch Schachenmeier, München, wurden Sonde fragen beim Bau von weitgespannten Hängebrücken, dur Bažant, Prag, und Hartmann, Wien, die Nebe spannungen in Fachwerkträgern oder Fachwerkbrück und durch Schmuckler, Berlin, die neuen Eisenhalle bauten in Deutschland behandelt. Dieser Vortrag führ in Lichtbildern eindrucksvolle Hallen für Bahnhöfe, Wer stätten und Ausstellungen vor, wobei besonders die ko struktive Durchbildung recht gut gefiel. Den Eisenbeto fachleuten wurde von Maillart, Genf, eine von ih entworfene und von Locher, Zürich, ausgeführte inte essante Pilzdecke gezeigt[8]).

Der Vortrag von Lossier, Argenteuil, handelte üb die an hochwertige Baustoffe zu ste lenden Anwendungsbedingungen, wora Ritter, Zürich, seine neue, sehr beachtenswerte Theor für die Formgebung gelenkloser Brücken

---

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 261.

[2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) Ergänzungsheft „Technische Mechanik" S. 72.

[3]) Hübner, Allgemeine Betrachtungen über Erfahrungen bei Versuchen an Bauwerken und bei der Verwertung der Meßergebnisse — Schweiz. Ingenieurbauten in Theorie und Praxis. Beitrag zur Festschrift zum internationalen Kongreß für Brücken- und Hochbau, Schweiz 1926.

[4]) Siehe auch Diskussionsbericht Nr. 9 der Eidgen. Materialprüfungsanstalt, Zürich. Der neue F.-Stahl, Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen, Zürich, April 1926.

[5]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 860.

[6]) Kommerell, Ein Jahr hochwertiger Baustahl, „Bauingenieur" Bd. 6 (1925) Heft 28 u. 29.

[7]) Vergl. K. Schaechterle, „Verstärkung, Umbau und Auswechslung von Eisenbahnbrücken", Berlin 1926, VDI-Verlag.

[8]) Die den Teilnehmern überreichte Festschrift enthält u. a. ein sehr interessanten Beitrag von Maillart, Genf, über eine schweiz rische Ausführungsform der unterzuglosen Decke (Pilzdecke).

wölbe mit Hilfe virtueller Zusatzlasten erörterte. Er nte gleich auch die praktische Anwendung seines Verrens beim Bau der Hundwilertobel-Brücke im Kanton enzell, mit einer Spannweite von 105 m, vorführen.

Bühler, Bern, fesselte die Zuhörer durch einen ineurtechnisch hochwichtigen Vortrag über den Umbau Viaduc Du Grandfey. Hier liegt eine mit ßer Kühnheit, Umsicht und Sachkenntnis durchgeführte artige Verstärkungs- und Umänderungsarbeit vor, die lich weitgehende Beachtung verdient. Die hoch über Tal wegführende Brücke bestand aus sieben Öffnungen vier nebeneinanderliegenden, durchlaufenden eisernen nwerkträgern von rd. 44 und 49 m Spannweite. Die ler bestanden aus gußeisernen Röhren mit Flacheisenerverband. Die jetzige äußere Erscheinung des Viaes läßt die frühere Konstruktion so gut wie nicht mehr nnen, man hat den Eindruck einer völlig neuen Betonsivbrücke. Der gesamte Umbau wurde während des iebes durchgeführt, wobei die auftretenden Erschüttegen dem Abbinden des Betons nicht nachteilig waren. alten Eisenteile sind bei der Bemessung der neuen npfeiler nicht in Rechnung gestellt worden. Bemerkens- ist ferner, daß die Betonierungsarbeiten auch bei 10 ° e nicht unterbrochen wurden; sowohl das Wasser als die Zuschlagstoffe wurden vorher erwärmt und wäh- des Mischens wurde Wasserdampf in die Mischmaschine eführt. Zur Nachbehandlung des frischen Betons diente sorgfältiges Abdecken mit Stroh und mit Säcken. Im zen wurden 26 000 m³ Beton, dabei 13 500 m³ Eisenbeton, t Eisen (einschließlich Melankonstruktion) für die rbahnträger und 1000 t Eisen für die Pfeiler verbraucht. ganze mühevolle Arbeit ist ohne jeden Unfall und jede Störung zu Ende gebracht worden. Nordusen, Berlin, beschrieb an Hand eines sehr unterenden Trickfilms die Erneuerung der Bellevueücke in Berlin.

Sämtliche Teilnehmer waren von der Tagung hoch beligt. Derartige Aussprachen sollen fortgesetzt werden, zwar soll die nächste Tagung 1928 in Wien und die nächste 1930 in Kopenhagen stattfinden. [N 2475]

armstadt Kleinlogel

Zweiter Internationaler Kongreß für technische Mechanik

Das Gebiet der angewandten Mathematik und Mechanik n den letzten Jahren von verschiedenen Ausgangspunkaus bearbeitet worden. Der Wunsch der Wissenschaftnach Gedankenaustausch mit Fachleuten des eigenen benachbarter Arbeitsgebiete war lebhaft. Er wurde en internationalen Kongressen für technische Mechanik virklicht.

Der erste Internationale Kongreß für technische Meik in Delft 1924, s. Z. Bd. 68 (1924) S. 825, hatte den hematikern, Physikern und Ingenieuren Gelegenheit zu erer Fühlungnahme und gegenseitiger Anregung gen. Der zweite Kongreß vom 12. bis 18. September 1926 Zürich erweiterte und vertiefte die Berührungspunkte. Verhandlungen lag im allgemeinen der gleiche Plan unde, der sich in Delft bewährt hatte. In etwa 10 Voren vor der Allgemeinheit und in etwa 70 Gruppenvoren wurden Fragen der allgemeinen Mechanik, Strömungs-, Elastizitäts- und Festigtslehre behandelt. Die Beteiligung war besonders der Schweiz und Deutschland sehr lebhaft.

In folgendem kann nur über einen kleinen Teil der getragenen Fragen berichtet werden; für ihre eingehende rbeitung hat man auf das Sammelwerk der Vorträge ickzugreifen.

Prof. Prandtl, Göttingen, sprach über die ausbildete Turbulenz. Er ging davon aus, daß die höpfende rechnerische Behandlung der äußerst verkelten Vorgänge in wirbelnden Strömungen keine Aus- auf Erfolg hat und daß wir uns zufrieden geben nen, wenn es gelingt, zutreffende Aussagen über mittlere chwindigkeit, Druck und Reibungskräfte in wirbelnden mungen zu machen. Prandtl gewinnt einen Ansatz für Rechnung, indem er für die Geschwindigkeitsschwang in der Stromrichtung einen „Mischungsweg" ein-t, d. h. eine kennzeichnende Strecke, die von einem achteten Flüssigkeitsballen zurückgelegt wird, ehe er mit der neuen Umgebung vermischt.

Die Größe des Mischungsweges kann durch Nachrechg von Beobachtungswerten und auch durch theoretische echnungen ermittelt werden, z. B. bei Ausfluß eines hles aus einer Öffnung und wirbelnder Ausbrei- des Strahles in unbegrenzter Flüssigkeit. Nach den nden zu nimmt der Mischungsweg bis auf null ab; bis- jedoch fehlt die Theorie für die Gesetzmäßigkeit der ahme.

In Rohrleitungen zeigt die Geschwindigkeitsverteilung in der Mitte des Rohres eine eigentümliche Spitze, die bei der Prandtlschen Berechnungsweise deutlich wiedergegeben wird. In nicht kreisförmigen Rohren treten merkwürdige Geschwindigkeitsverteilungen auf, die durch Sekundärströmungen zu erklären sind. Die rechnerische Erfassung der Vorgänge ist noch in der Entwicklung.

Eine sehr lebhafte Aussprache und begeisterte Kundgebung für den in den Ruhestand tretenden Lehrer und Ingenieur löste der Vortrag von Prof. Prášil, Zürich, über verschiedene Strömungserscheinungen aus. In einer großen Reihe von Steh- und Laufbildern zeigte Prášil die im Maschinenbau-Institut der Technischen Hochschule Zürich seit vielen Jahren aufgenommenen Lichtbilder von Strömungen und auch die durch Einführung von Farbstoff sichtbar gemachten Strömungserscheinungen in einem offenen Kanal, Quellströmungen, Strömungen um eine Klappe und dergleichen, ferner Laminarströmungen um Zylinder und durch Leitapparate, wobei die Dicke der strömenden Schicht etwa ½ mm betrug.

Besonders beachtenswert waren die Aufnahmen von Strömungen bei Farbstoffzufuhr durch Düsen, bei denen durch taktmäßiges Zuführen und Sperren Zeitkurven in der Strömung erhalten werden. In dieser Weise aufgenommene Strömungen durch Leitapparate, durch Saugrohre und im geraden Kanal geben einen guten Einblick in die Vorgänge.

Auf die Frage der Stabilität einer Strömung ging Prof. Föttinger, Berlin, ein. Eine reibungsfreie Potentialströmung gilt an sich als stabil, während bei Auftreten von Reibung die Form einer Strömung stark veränderlich ist. Föttinger sieht nun die Labilität der entsprechenden Potentialströmungen als tieferliegende Ursache für die Umbildung der natürlichen Strömungen an. Infolge ihrer Eigenenergie streben die Potentialströme nach erfolgter Auslösung dahin, in stabile Formen überzugehen und springen nicht in die Ausgangsformen zurück.

In der Aussprache wurden auch abweichende Ansichten vertreten.

Das Verhalten der Stoffe unter sehr hohem allseitigem Druck ist seit längerer Zeit in Amerika planmäßig untersucht worden. Der durch seine Arbeiten auf diesem Gebiete bekannte Prof. Bridgeman, Cambridge (Mass.), berichtete in Zürich hierüber. Die angewendeten hydraulischen Drücke betragen etwa 10 bis 12 000 at. Die am meisten in die Erscheinung tretende Wirkung der Drucksteigerung ist die Volumenänderung der Körper. Bei den verschiedenen Flüssigkeiten ist die Zusammendrückbarkeit bei niedrigen Drücken recht verschieden, bei sehr hohen Drücken werden die Unterschiede beträchtlich geringer. Die Zusammendrückbarkeit nimmt bei ihnen schnell ab; bei festen Körpern ist die Abnahme geringer. Während bei den allermeisten Stoffen die Volumenabnahme mit wachsendem Druck geringer wird, wird sie bei amorphem Quarz größer.

Bemerkenswert ist auch das Verhalten der Körper bei Verformungen und Beanspruchungen unter Druck. Die beobachteten Festigkeitswerte sind höher als bei normalem Druck, Bruch tritt unter den verschiedensten Verhältnissen ein. Es zeigt sich, daß die üblichen Bruchtheorien nur für begrenzte Gebiete gelten. Auch die Zähigkeit der Flüssigkeiten wächst mit zunehmendem Druck[1]), mit Ausnahme der des Wassers. Der Betrag der Zunahme ist bei den verschiedenen Flüssigkeiten ganz erheblich verschieden; er ist besonders groß bei den Stoffen mit verwickeltem molekularem Bau.

Auf dem Gebiete der mechanischen Schwingungen wurde eine Reihe sehr bemerkenswerter Vorträge von Stodola, Schuler, Schwerin, Beghin und andern gehalten. Die verschiedenen Schwingungsfragen der Dampfturbine, umlaufender Maschinen im allgemeinen, der Schiffe und Flugzeuge werden heute wissenschaftlich bis ins einzelne untersucht.

Stodola z. B. berichtete über gewisse kritische Drehzahlen bei Dampfturbinenwellen, die sich aus dem Zusammenwirken der elastischen Eigenschaften der Wellen und der Nachgiebigkeit des Ölpolsters im Lager ergeben[2]). Man hat diese Einflüsse des Ölpolsters bisher nicht genügend beachtet, da sich bei den üblichen Betriebsdrehzahlen von Wellenleitungen und dergleichen diese neuen kritischen Drehzahlen infolge ihrer Höhenlage nicht bemerkbar machten. Durch rechnerische Behandlung der Verhältnisse gelang es, die Lage der neuen kritischen Drehzahlen bei Dampfturbinenwellen zu bestimmen und dem Ingenieur in einem Schaubild an die Hand zu geben.

[1]) Die Änderung der Zähigkeit von Schmierölen bei verschiedenem Druck hat Dr.-Ing. S. Kießkalt untersucht. Seine Arbeit erscheint demnächst in der Reihe der „Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens"

[2]) Vergl. Hummel, „Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens" Heft 287.

Schwerin wies nach, daß die bisherige Annahme der gleichmäßigen Spannungsverteilung in sämtlichen Schaufeln eines Schaufelpaketes bei Dampfturbinen einer Berichtigung bedarf. Infolge der Unterbrechung des Deckbandes an den Enden der Schaufelgruppe verteilt sich die Spannung wellenförmig über die Gruppe. Es ist zu unterscheiden zwischen Schaufelschwingungen, bei denen das obere Schaufelende in Ruhe bleibt, und solchen, bei denen es wagerecht hin- und herschwingt. Aus den Berechnungen geht hervor, daß stets die erste und die letzte Schaufel eines Paketes infolge der Kopplung durch das Deckband am höchsten beansprucht werden. Die üblichen Beanspruchungen sind mit einem Faktor größer als 1 zu vervielfachen, der bei den Schwingungsformen mit wagerecht sich bewegendem oberen Schaufelende 1,7 beträgt. Die Beanspruchung der mittleren Schaufeln der Gruppe entspricht der bisherigen Rechnung.

Schuler wies in seinem Vortrage über Resonanzerscheinungen bei Schlingertanks darauf hin, daß eine Abstimmung der Eigenschwingungszahl des Tankwassers und des Schiffes zu vermeiden ist. Dies steht im Gegensatz zu der bisher vertretenen Anschauung, daß die Abstimmung für eine günstige Wirkung des Schlingertanks unerläßlich sei.

Eine größere Zahl von Berichten behandelte Werkstoffeigenschaften und insbesondre den Ausbau der Untersuchungsverfahren auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse. Um die bei den Untersuchungen kristallinischer oder quasiisotroper Körper auftretenden Erscheinungen zu deuten, werden die Gesetze der klassischen Mechanik nach den Gedankengängen der neuzeitlichen Physik ergänzt werden müssen. Neue Wege sind schon durch die Arbeiten an Einkristallen, durch Dauerversuche, Röntgenuntersuchungen u. a. beschritten. In einer Reihe von Vorträgen von Taylor, Weißenberg, Akimasa Ono, Perrier und anderen wurden Kristalle und Kristallhaufwerke behandelt.

Dr. Sachs, Berlin, berichtete in einem Beitrage zur Härtefrage über die durch Rekristallisation kenntlich gemachten Verformungen beim Eindrücken verschiedenförmiger Körper in Kupfer. Prof. Probst, Karlsruhe, teilte Ergebnisse aus Untersuchungen über den Einfluß wiederholter Belastungen auf Elastizität und Festigkeit von Beton und Eisenbeton mit.

Dr. Masing, Berlin, erläuterte Versuche, die den Einfluß der Eigenspannungen auf die Spannungsgrenzen klären sollen. Er wies nach, daß Änderungen der Stauch- und Streckgrenze auf Eigenspannungen zurückzuführen sind. Die eigentliche Verfestigung hat andere Ursachen. Prof. Nádai, Göttingen, berichtete über Versuche über die Fließgrenze beim Eisen. Die Labilität des Gleichgewichtes an der Fließgrenze wurde besonders bei Torsionsbeanspruchung untersucht. Prof. Kögler, Freiberg, erläuterte Untersuchungen über die Verteilung des Druckes im Baugrunde und stellte fest, daß die in der Praxis stets angenommene gleichmäßige Verteilung des Druckes in den [ein]zelnen Horizonten nirgends zutrifft.

Die Frage der Knickfestigkeit wurde [in] verschiedenen Vortragenden behandelt. [Über] die einschlägigen Versuche des Materialprüfamtes in Dah[lem] berichtete Prof. Memmler, Berlin. Um den Geltu[ngs]bereich der Eulerschen und anderer Knickformeln zu [er]mitteln, wurden Stäbe von einfachem Querschnitt und [ge]baute Träger, wie sie im Brückenbau verwendet wer[den,] in einer 3000 t-Maschine untersucht. Von der kugeli[gen] Lagerung der Versuchsstücke ging man zur Lagerung [a]uf Schneiden über; die Endflächen der Modellstäbe wur[den] durch geeignete Konstruktion der Lagerung in die E[bene] der Schneiden gebracht. Untersucht wurde der Verlauf [der] Knickspannung im Gebiete der elastischen Formänder[ung] und im plastischen Bereich bei Flußeisen verschiede[ner] Güte.

Roš betrachtete das Knicken als ein Stabilit[äts]problem und nicht als ein Problem der Bruchfestigkeit. [Er] erläuterte die Knickkraft als Funktion des Spannu[ngs]-Dehnungsdiagrammes, der Form des Stabquerschnittes, [des] Schlankheitsgrades und der Exzentrizität des Kraftangri[ff]s. Fillunger behandelte die Schneidenlagerung als Ra[nd]bedingung, bei der die Knicklast von beiden Hauptt[räg]heitsmomenten und von der Lage der Schneiden abhän[gig] ist. Diese Betrachtungen können bei Fachwerkstäben, [die] durch Knotenbleche angeschlossen sind oder deren A[us]weichrichtung sonst beeinflußt ist, nützlich werden.

Von Ostenfeld lag ein schriftlicher Bericht vor, [in] dem er die Anforderungen der Baustatik an die mathe[ma]tische Mechanik und an die Versuchsforschung behand[elte.] Er nannte Aufgaben, die noch einer Lösung harren, [wie] das Aufsuchen wirtschaftlicher Konstruktionsformen, [Be]rechnung räumlicher Massiv- und Schalenkonstruktio[nen] und Aufgaben aus dem Gebiet des Grund- und Wasserba[us].

Für die Nachprüfung der Berechnungsgrundlagen [auf] dem Gebiete der Baustatik sind noch umfangreiche V[er]suche notwendig. Vor allem sind für das Bruchstad[ium] gültige Formeln zu entwickeln, die die Verhältnisse o[ber]halb der elastischen Formänderungen berücksichtigen. G[anz] allgemein ist zu sagen, daß in Zukunft die Festigke[its]lehre mehr in den Vordergrund zu rücken ist und daß [die] Versuchsforschung die Wege zu entsprechender Ergänz[ung] und Ersetzung der Elastizitätstheorie weisen muß.

[N 2386] Adria[n]

Berichtigung

Die 2 C 1-Einheits-Schnellzuglokomotive der Deutsche[n] Reichsbahn

In dem Aufsatz von F. Fuchs und R. P. Wag[ner] muß es auf S. 1728, l. Sp., 9. Zeile, heißen: . . . . 1[...] Leistung mit knapp 50 kg Dienst- oder 45 kg Lee[r]gewicht . . . . In der rechten Spalte, 2. Abs., 5. Zeile [mu]ß es heißen: . . . . die schnellfahrenden Lokomotiven [...] 170 vH des Reibungsgewichtes, die . . . . [N 2733]

Kleine Mitteilungen

Güterwagen mit großer Tragfähigkeit

Die Delaware Lackawanna & Western-Bahn bestellte kürzlich bei der American Car & Foundry Co. 400 vierachsige Trichterwagen mit 70 t Tragfähigkeit. Die Lichtmaße des Wagenkastens sind: Länge 12 192 mm, Breite 3073 mm, Höhe über S.-O. 3251 mm. Der Rauminhalt des Wagens beträgt 77 m³, das Leergewicht 23 t, das Verhältnis Leergewicht: Tragfähigkeit also 1 : 3. Zur Entleerung dienen drei Bodenklappen.

Die Carnegie Steel Co. beschafft gleichzeitig einige Trichterwagen mit 75 t Tragfähigkeit.

[N 2740 a] M.

Lokomotiven mit hinteren Drehgestellen

Die immer größer werdenden Feuerbüchsen zwingen allmählich die amerikanischen Bahnen, nicht nur Güterzug-, sondern auch Personenzug-Lokomotiven, anstatt mit hinteren Laufachsen, die häufig ebensoviel Last tragen wie das vordere Drehgestell, mit einem Drehgestell zu erbauen.

Im letzten Jahre wurden bereits neunzig 1 D 2-Lokomotiven, und zwar fünfundvierzig für die Boston- & Albany-Bahn, fünfzig für die Illinois Central-Bahn sowie zehn 1 E 2-Lokomotiven für die Texas- und Pacific-Bahn, beide nach Entwürfen der Lima Locomotive Works, beschafft. Kürzlich hat nun auch die New York–Chicago–St. Louis-Bahn vier 2 C 2-Schnellzuglokomotiven von 141 t Dienstgewicht bei der American Locomotive Co. und die Atchison Topeka & St. Fé-Bahn zwei 2 D 2-Personenzuglokomotiven bei den Baldwin-Werken bestellt. Diese Lokomotiven würden die ersten Lokomotiven der Welt mit Schleppten[der] sein, die die Achsanordnung 2 D 2 zeigen.

[N 2740 b] M.

Der elektrische Betrieb auf der Bahn Paris–Orléans

Auf der 200 km langen Strecke von Paris nach Vier[zon] ist vor kurzem der elektrische Betrieb eröffnet word[en.] Die elektrische Energie wird von den Dampfkraftwer[ken] Gennevilliers und Vitry sowie den Wasserkraftanlagen [von] Eguzon und der Haute Dordogne als Drehstrom gelief[ert.] Die Strecke selbst wird mit Gleichstrom von rd. 150[0 V] Spannung mittels Oberleitung gespeist, der in versch[ie]denen Umformeranlagen gewonnen wird. Für den Schn[ell]zugverkehr stehen fünf Lokomotiven zur Verfügung, e[ine] 2 C + C 2-Lokomotive der General Electric Co. von 3000 [PS,] zwei 2 D 2-Lokomotiven von Brown, Boveri & Cie. von 3600 PS sowie zwei 2 D 2-Lokomotiven, Bauart Ganz, [von] je 4000 PS.

Die Lokomotiven der General Electric Co. ha[ben] sechs Motoren von je 500 PS Leistung und wiegen [...] 112 t; sie sollen Züge von 530 t mit 95 km/h Geschwind[ig]keit zwischen Paris und Orléans befördern. Die Loko[mo]tiven von BBC haben vier Motoren von je 900 PS [und] können bei 1 vH Steigung 11 t Zugkraft ausüben. Die Lo[ko]motiven, Bauart Ganz, haben vier Motoren von je 1000 [PS.] Der Führerstand ist im Gegensatz zu den beiden and[eren] Bauarten, die an jedem Ende einen Führerstand haben, [bei] diesen Lokomotiven in der Mitte angeordnet. („Le Gé[nie] Civil“ 25. Dezember 1926 S. 577*.) [N 2740 c] Sd

Sechszylinder-Flugmotor mit 950 PS Leistung

Die Firma Beardmore & Co. hat kürzlich für die Flugzeugwerke Heinkel in Warnemünde einen Sechszylinder-Flugmotor von 219 mm Zyl.-Dmr. und 305 mm Hub abgeliefert, der mit einem Verdichtungsverhältnis von 1 : 5,25 arbeitet und bei den Abnahmeversuchen bei 1350 Uml./min 954 PS geleistet hat. Der Motor hat ein mit dem Gehäuse des Zylinderblocks zusammengegossenes Leichtmetall-Kurbelgehäuse, in das stählerne Zylinderbüchsen eingesetzt sind. Der abnehmbare Zylinderkopf, mit dem die Lagerung der Steuerwelle verbunden ist, enthält je zwei Ventile für Einlaß und Auspuff in jedem Zylinder. Die Kolben sind aus Aluminiumlegierung gepreßt, die Pleuelstangen aus Stahl geschmiedet. Zum Zubehör des Motors zählen zwei Zündmagnete, ein Doppelvergaser und eine Kühlwasserpumpe. Bei den Abnahmeversuchen wurde der Motor mit Benzin von 0,76 spezifischem Gewicht gespeist. Der Verbrauch betrug rd. 230 $g/PS_e h$, bei der Marschleistung (722 PS bei 1220 Uml./min) jedoch nur 211 $g/PS_e h$. Verglichen mit den Ergebnissen schneller laufender Motoren mit größerer Zylinderzahl scheint dieser Verbrauch allerdings nicht besonders niedrig. Dagegen bietet der Motor den Vorteil, daß seine Außenabmessungen verhältnismäßig gering sind. Ohne Öl und Kühlwasser und ohne Luftschraubennabe wiegt der Motor rd. 980 kg. („The Engineer", 24. Dezember 1926 S. 695/97*.) [N 2740 d] H.

Blockstraße bei Ford mit 1067 mm Walzendurchmesser

In der Ford Motor Co., Fordson, Mich., ist eine halbkontinuierliche Blockstraße mit 1067 und 813 mm Walzendurchmesser fertiggestellt worden, auf der monatlich 100 000 t ausgewalzt werden können. In vier Gerüsten mit 1067 mm-Walzen werden Blöcke von 680 kg Gewicht zu 165 × 165 mm² und darauf in vier Gerüsten mit 813 mm-Walzen zu Knüppeln mit 98 × 98 oder 140 × 140 mm² oder zu Platinen mit 203 × 51 mm² verarbeitet. Die Anlage kann durch Aufstellen von zwei Gerüsten (1067 mm) für 1360 kg-Blöcke und durch ein Umkehrwalzwerk für 2720 kg schwere Blöcke vergrößert werden. Aus den vier ölgefeuerten Tieföfen mit je vier Gewölben für je zwölf Blöcke werden die Blöcke durch einen Tiefofenkran auf eine Kantbühne gebracht, an die eine abschüssige Bahn mit in Rollenlagern angeordneten Zuführungsrollen angeschlossen ist. Auf der Rollenbahn gleiten sie zu der Straße mit den 1067 mm-Walzen. An das vierte Gerüst mit den 813 mm-Walzen schließt sich ein selbsttätiges Warmbett an, von dem immer sechs Knüppel zugleich einer elektrisch angetriebenen Schere mit 600 t Druck zugeführt werden. Ein Drehstrommotor mit 8000 PS Leistung bei 13 200 V und 240 Uml./min treibt beide Straßen an. („The Iron Age" 9. Dezember 1926 S. 1621*.) [N 2740 f] Gw.

Schweißen von Aluminium

Das Handelsaluminium ist heute sehr rein, bei Al-Blechen betragen die Verunreinigungen kaum mehr als 0,5 vH. Beim Schweißen von Al-Blechen benutzt man als Schweißdraht oft Blechstreifen, die man von dem zu schweißenden Blech selbst abschneidet. Doch soll man hierbei die Abmessungen der Streifen der Dicke der zu verbindenden Tafeln anpassen, indem man bei Blechen bis zu 3 mm Dicke etwa doppelt so breite Streifen, bei 3 bis 6 mm etwa die anderthalbfache Breite wählt. Schweißdrähte aus Sonderaluminium sind in Gebrauch für Al-Gußstücke.

Das Durcharbeiten (Puddeln) der Schweiße ist bei Gußstücken zu empfehlen. Dazu werden Stahlwerkzeuge benutzt. Bei Schweißungen von Al-Blechen sollte man nicht durcharbeiten. Die Schweißgeschwindigkeit ist bei Al bedeutend größer als bei Stahl. Sie ist im Anfang und am Ende wegen der Erwärmung des Werkstückes verschieden groß. Der Schweißer soll daher mit der Schweißflamme mitgehen können. („American Machinist" 25. Dezember 1926 S. 237 E.) [N 2740 e] Adr.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501.)

Theorie des Segelflugs. Von Dr.-Ing. W. Klemperer. Abhandlungen aus dem aerodynamischen Institut an der Technischen Hochschule Aachen, 5. Heft. Berlin 1926, Julius Springer. 76 S. m. 17 Abb. Preis 6,90 ℳ.

Die bedeutenden Erfolge, welche die Segelflüge in der Rhön in diesem Jahre aufzuweisen hatten, vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1406, haben die Aufmerksamkeit der Fachwelt von neuem auf die eigenartige Methode gelenkt, durch die die in den atmosphärischen Strömungen vorhandenen Kräfte für die Transportleistung dienstbar gemacht werden. Aus dem neuen Buch von Klemperer, das schon seit drei Jahren fertig daliegt, aber erst jetzt von dem rührigen Aachener Aerodynamischen Institut herausgebracht wurde, lernt man in ausführlicher und klarer Darstellung das Wesen des Segelfluges bezüglich der flugmechanischen Grundsätze und der meteorologischen Vorgänge kennen, die die neue Kunst beherrschen.

Die Abhandlung bespricht so ziemlich alle Möglichkeiten des statischen wie des dynamischen Segelfluges und weist auch auf Trugschlüsse und oft geäußerte falsche Ansichten hin. Nach den Ergebnissen des Werkes, die sehr häufig in der Form von Zahlenbeispielen niedergelegt sind, sind die bisherigen schönen Erfolge im wesentlichen nur dem Hangwind und gelegentlich dem thermischen Aufwind zuzuschreiben, nur in ganz vereinzelten Fällen (mehr zufällig als bewußt) dynamischen Segelflugmanövern. Klemperer gibt auch überall an, wie groß der zu erwartende Segelgewinn bestenfalls sein kann und mit welchen zeitlich und örtlich genau bestimmten Steuermaßnahmen man fliegen muß, um das Höchstmaß an Wirkung zu erzielen. Insofern dürfte die Arbeit für verschiedene neue Pläne sehr anregend wirken.

Aber es wäre zu wünschen, daß dieser Arbeit ebenso planmäßige Flugversuche folgten; das würde sicher zu weiteren Erfolgen des motorlosen Fluges führen. Ebenso notwendig wäre allerdings auch eine genauere Erforschung der natürlichen Luftströmungen nach Art und Vorkommen zur Erweiterung unserer aerologischen Kenntnisse und vielleicht noch mehr zur Züchtung eines aerologischen „Instinktes" beim guten Segelflieger. Klemperer bringt in einigen Kapiteln (Böenmeteorologie, Schichten, Schichtenmeteorologie) wohl das wichtigste über diese Dinge; allein es müßten hier noch sehr viele Beobachtungen zusammengetragen werden, auch die Methoden verbessert und erst geschaffen werden, durch die man das aerologische Strömungsgefüge untersucht, und sofort nach Art, Größe, Richtung und Bedeutung erkennen kann.

Auf alle Fälle bildet das Buch eine sehr wertvolle Bereicherung der flugtechnischen Literatur; es ist auch über die Kreise der Flieger hinaus lesenswert, da es anregend geschrieben ist. [E 2521] A. Pröll.

Die Getriebekinematik als Rüstzeug der Getriebedynamik. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 285. H. Von F. Proeger. Berlin 1926, VDI-Verlag. 74 S. m. 114 Abb. Preis 6,70 ℳ.

Als Getriebekinematik behandelt der Verfasser Einteilung und Aufbau, Analyse, kinematische Grundgleichungen sowie Geschwindigkeit und Beschleunigung der Kurbelgetriebe und deren Ergänzung und Ersatz durch Parallelogramme, Zwischengetriebe, Exzenter (Zapfenerweiterung), Kulissen (Schrumpfung), Kraftschluß (Rollen, Gleitkurven). Als Beispiele werden Indikatorlenker, Umsteuerungen, die Lentz-Steuerung, der Demag-Federhammer und ein Planetenradvierling mit vier Kurbeln an den Wellen der Umlaufräder (DRP 265 095) gezeigt.

Die Grundgleichungen werden vom allgemeinen Zweischlag (besser wäre unmittelbar vom Lenkerdreieck) abgeleitet, dessen Differentiation nach der Zeit jedoch keine eindeutige geometrische Lösung gibt. Nachahmenswert ist die Einführung der stets radial bleibenden Differentiationskomponente. Die Ableitung der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen ist scharf und folgerichtig. Die Getriebedynamik stützt sich restlos auf d'Alembert, obgleich der Verfasser selbst zugibt, daß die Probleme der Technik meist die umgekehrte Aufgabe zeigen: zu bekannten Kurbelkräften den Gang eines Getriebes zu ermitteln. Daran scheitert jedoch leider das d'Alembertsche Prinzip und die abstrakte Zeitauffassung bei den konstruktiven Methoden ihrer Mehrdeutigkeit wegen überhaupt, während das Herausschälen des geometrischen Kernes, wenn von der Zeit gänzlich abgesehen wird, die Lösung gestatten würde. Leider hat der Verfasser diese Gedanken nur gestreift.

Aus dem gleichen Grunde bleibt die sonst lehrreiche Untersuchung des Reglergetriebes von Lentz kritiklos auf die Analyse einer ausgeführten Konstruktion beschränkt. Es muß wiederholt betont werden, daß nur die Bezugnahme auf die Zeit den Einfluß der Konstruktion dem Konstrukteur verschleiert.

[E 2541] Prof. Dr. techn. Rudolf Doerfel jun.

Bildrundfunk. Von A. Korn und E. Nesper. Berlin 1926, Julius Springer. 102 S. m. 65 Abb. Preis 5,40 M.

Einleitend gibt Dr. Nesper einen Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten des Bildrundfunks; namentlich nennt er die Übertragung von Wetterkarten usw., Bildern aller Art. Die Bedeutung dieser Übertragungen für die Wirtschaft, den Polizeidienst, für medizinische Zwecke und für Werbezwecke wird hervorgehoben.

Prof. Korn legt im zweiten Abschnitt die Methoden der Bildtelegraphie dar, die für den Bildrundfunk in Frage kommen. Er stellt den Grundsatz auf, daß man beim Bildrundfunk zu möglichst einfachen Empfängern kommen müsse, während man bei den verhältnismäßig wenigen Sendern eine möglichst vollkommene Einrichtung schaffen müsse. Er bespricht dann die Methoden der Sendung, des Empfangs und der Synchronisierung der Sende- und Empfangsgeräte und kommt zu dem Schluß, daß man beim Bildrundfunk zunächst mit dem teleautographischen Sender bei Übertragungsgeschwindigkeiten von etwa 10 min für ein Bild beginnen sollte. Dann ergäben sich auch einfache Empfänger auf elektromagnetischer oder elektrochemischer Grundlage. Zum Schluß wird vor übertriebenen Hoffnungen bezüglich des Fernsehens gewarnt.

Den dritten und umfangreichsten Abschnitt des Buches bilden die Beschreibungen ausgeführter Bildfunk- und Fernkinogeräte von Dr. Nesper. Bemerkenswert ist, daß in Deutschland durch den Münchener Sender bereits brauchbare Bilder verbreitet worden sind.

Die Arbeit ist zu begrüßen, weil sie auch dem Fernerstehenden einen Einblick in die Schwierigkeiten gewährt, die dem Bildrundfunk entgegenstehen, und so die schon erzielten Erfolge erst ins rechte Licht setzt. Die Aussichten, in naher Zukunft zu Empfangsgeräten zu gelangen, die hinsichtlich ihrer Einfachheit und der Anschaffungskosten den heutigen Rundfunkgeräten entsprechen, erscheinen gering. Das Ziel der Entwicklung, das Fernsehen, dürfte aber doch manches Opfer rechtfertigen. [E 2492] Rei.

DIN-Taschenbuch 6: **Werkzeuge und Lehren.** Berlin 1926, Beuth-Verlag. 159 S. Preis 3 M.

Die vom Ausschuß für Einführung der Normen in die Praxis nach eingehenden Erörterungen vorgeschlagene Form einer handlichen Sammlung der Normen nach Fachgebieten hat sich bestens bewährt. In kurzer Reihenfolge ist vor kurzem bereits das sechste DIN-Taschenbuch erschienen. Es enthält in übersichtlicher Weise, nach Gattungen gruppiert, die bereits fertigen Werkzeugnormen. Wenn auch zur Zeit noch viele wichtige Werkzeugnormen in Bearbeitung sind, ist die Herausgabe des Büchleins nur zu begrüßen. Seine Benutzung bietet, weil handlich und übersichtlich, dem Betriebsmanne, dem Werkzeug- und Vorrichtungskonstrukteur, wie dem Einkäufer nicht zu unterschätzende Vorteile. Dem Wunsche einer allgemeinen Verbreitung wäre noch hinzuzufügen, daß bei einer weiteren Auflage auch die Normen der Werkzeuganschlüsse an Werkzeugmaschinen sowie die der Werkzeugmaschinenteile mit aufgenommen werden. [E 2578] Damm

Sammlung Göschen 9. Bd. **Die Dampfkessel.** Von Friedrich Barth. 1. T.: Kesselsysteme und Feuerungen. Feuerungskontrolle. 4. verb. Aufl. Berlin u. Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. 141 S. m. 43 Abb. Preis 1,50 M.

Sammlung Göschen 945. Bd. **Gleichrichter.** Von Joseph Just. Berlin und Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. 136 S. m. 90 Abb. Preis 1,50 M.

Motorship Yearbook. 4. Ed. The Standard Reference Book on Oil Engines and Motorvessels. New York 1926, Motorship. 208 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 $.

Die Spiritusfabrikation und ihre Nebenprodukte. Von Alfred Wagner. Braunschweig 1926, Serger & Hempel. 718 S. m. 354 Abb. Preis 21 M.

Das badische Wasserrecht, in seinen Grundzügen gemeinverständlich dargestellt. Von K. von Bayer-Ehrenberg. Berlin-Halensee 1926, Geschäftsstelle d. Verbandes. 83 S. Preis 2 M.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Wassergekühlte Kokillen

Der Schlußsatz des Berichtes über wassergekühlte Kokillen in Z. Bd. 70 (1926) S. 1411 gibt seiner Fassung nach Veranlassung zu der Meinung, es seien wassergekühlte Kokillen sowohl der Bauart Erichsen wie der Bauart Junker in Einzelfällen schon bis zu zwölf Jahren ununterbrochen in Betrieb. Tatsache ist dagegen, daß die Fälle so langjähriger Bewährung im Dauerbetrieb sich nur auf die wassergekühlten Kokillen der Firma Otto Junker G. m. b. H., Stolberg (Rhld.), beziehen. Die erwähnten wassergekühlten Kokillen der Bauart Junker sind im Messingwerk der Firma Von Asten und Lynen G. m. b. H., Stolberg (Rhld.), seit 1913 in ununterbrochener Benutzung. [D 2698]

Otto Junker, G. m. b. H.

Neue Schaufelung für Überdruckturbinen

In der am 16. Oktober d. Js. erschienenen Nr. 42 Bd. 70 (1926) dieser Zeitschrift werden auf S. 1392 die Merkmale der neuen Überdruckbeschaufelung angegeben, mit der die von Professor Stodola, Z. Bd. 69 (1925) S. 1181, untersuchte Gegendruckturbine der Aktiengesellschaft Brown Boveri & Cie. in Baden (Schweiz) ausgerüstet war. Die Ausbildung der Schaufeln wird als neuartig bezeichnet und bezüglich ihrer Kennzeichen auf das schweizerische Patent 115 781 hingewiesen.

Wir gestatten uns, zu bemerken, daß wir Schaufeln für Überdruckturbinen mit allen denjenigen Merkmalen, die in der schweizerischen Patentschrift angegeben sind, schon vor dem Anmeldedatum dieses Patentes ausgeführt und derartig ausgebildete Turbinen auch geliefert haben. Die fragliche Beschaufelung von Überdruckturbinen stellt also für die deutsche Turbinentechnik nichts Neues dar.

[D 2672] Allgemeine Elektricitätsgesellschaft

Entgegnung

Wir haben nicht die Absicht, zu der Äußerung der AEG und andrer Firmen an dieser Stelle Stellung zu nehmen, da sich hierfür im Einspruchsverfahren vor dem Reichspatentamt, Berlin, Gelegenheit bieten wird, wenn die dem Schweizer Patent 115 781 entsprechende deutsche Patentanmeldung zur Bekanntmachung gelangt.

Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 15. JANUAR 1927 NR. 3

Vom Wesen und Werden des Pfauter-Verfahrens

Beitrag zur Geschichte der Stirnrädererzeugung

Von Professor K. Kutzbach, Dresden

Die sechs Hauptmöglichkeiten einer zwangläufigen Stirnradverzahnung und die Grundlagen der Verzahnungsmaschinen — Zeitliche Entwicklung des Wälzschraubverfahrens: Schiele 1856, Grant 1887, Pfauter 1897 — Heutige Bedeutung des Pfauter-Verfahrens

Abb. 40. Pfautermaschine für große Zahnräder, neue Form

Abb. 41. Desgl. für kleine Zahnräder
u_1, u_2, u_3 Umformer

Vor 25 Jahren schrieb Reuleaux[1]), daß man sich endlich zu dem glücklichen Gedanken vereinigt habe, die Zahnräder-Schneidmaschine gleich so zu gestalten, daß sie ohne Zeichnung schneidet, nämlich zwangläufig die richtigen Zahnformen hervorbringt; die Führung in dieser Richtung habe der amerikanische Maschinenbau. Besorgt fragt er[2]), was die deutsche Industrie tun soll. Er ahnte nicht, daß gleichzeitig ein deutscher Erfinder, Hermann Pfauter, soeben ein Patent auf ein Verfahren zur Stirnräderverzahnung erhalten hatte, das bald den ersten Rang unter den verschiedenen Verfahren einnehmen sollte, und dieses zu verwirklichen im Begriff stand.

Die Tatsache, daß Hermann Pfauter vor 25 Jahren eine Fabrik zur Entwicklung und Durchführung des ihm soeben patentierten Pfauter-Verfahrens gründete, bietet einen willkommenen Anlaß, einen Rückblick auf das Werden dieses Verfahrens zu werfen, das fast fünfzig Jahre zu seiner Entwicklung aus den ersten Anfängen gebraucht hatte. Dazu bedarf es allerdings erst eines kurzen Einblickes in das Wesen dieses und ähnlicher Verfahren, ohne den seine Geschichte nicht ganz zu verstehen wäre.

Auch der Nichtfachmann würde die Möglichkeit einer zwangläufigen Zahnraderzeugung rasch erfassen, wenn wir ihn an ein sehr altes, noch recht unvollkommenes Verzahnungsverfahren erinnerten, an das „Rändeln" von kleinen Schraubenköpfen, das ihr Festschrauben durch die Finger erleichtern soll: Ein verzahntes Stahlrädchen wird gegen den Kopfrand des auf einer Drehbank umlaufenden Schräubchens gepreßt und von diesem mitgenommen und prägt oder wälzt dabei seine Zähnchen dem Kopfrand ein. Wir haben hier für die Zahnerzeugung ein Prägeverfahren oder ein reines Wälzverfahren vor uns, das seit einigen Jahren auch für größere, vorher glühend gemachte Räder angewendet wird und noch weitere Bedeutung gewinnen kann. Auch das „Wälzen" von Schraubengewinden zwischen Gewindeplatten ist weiter nichts als ein reines Wälzverfahren, das also mit spanloser Formgebung arbeitet.

Aus diesen Prägeverfahren ersehen wir bereits den allgemeinen Weg, Stirnräder zu erzeugen: Sie müssen im Getriebe richtig und zwangläufig zusammenarbeitend erzeugt werden, indem das eine Rad (oder ein Stück von ihm) als Werkzeug, das andre als Werkstück wirkt. Nun kennen wir in der Hauptsache drei Getriebe, in denen ein Stirnrad vorkommt, Abb. 1 bis 6:

I. Wälzgetriebe, Abb. 1 und 2.
II. Wälzschraubgetriebe, Abb. 3 und 4, mit zwei Zylinderrädern (1) und (2) und
III. Schraubgetriebe, Abb. 5 und 6, mit einem Zylinderrad (2) und einem Globoidrad (Schneckenrad) (1).

In allen drei Getrieben könnte grundsätzlich das mittlere Stirnrad (2) als Werkstück mit einem Rade (1) oder einer Zahnstange (3) als Werkzeug zusammenarbeiten, ganz gleich, wie groß die Schrägungswinkel der Zähne sind. Wir sehen also hier drei Hauptwege I bis III der Stirnradherstellung geöffnet, die in der auf S. 74 wiedergegebenen Übersichtstafel in Abb. 13 bis 18

[1]) Kinematik Bd. 2 S. 458. [2]) S. 471

Übersichtstafel: Stirnradgetriebe und Stirnrad-Herstellverfahren

Abb. 1 und **2.** I. Wälzgetriebe

Abb. 3 und **4.** II. Wälzschraubgetriebe

Abb. 5 und **6.** III. Schraubgetriebe

Abb. 1 bis **6.** Getriebe mit zylindrischem Stirnrad (2) und Rad (1) oder Stange (3) im Eingriff

Abb. 7 und **8.** I. Wälzgetriebe

Abb. 9 und **10.** II. Wälzschraubgetriebe

Abb. 11 und **12.** III. Schraubgetriebe

Abb. 13 und **14.** I. Wälzverfahren

Abb. 15 und **16.** II. Wälzschraubverfahren

Abb. 17 u. **18.** III. Schraubverfahren

Abb. 7 bis **18.** Die Herstellungsverfahren für Stirnräder nebst zugehörigen Getrieben

a mit Radwerkzeug *b* mit Stangenwerkzeug

…r den entsprechenden Getrieben, Abb. 7 bis 12, dar-…llt sind, das Wälzverfahren, das Wälzschraub-…hren und das Schraubverfahren mit je zwei Unter-…pen: a) mit Radwerkzeug und b) mit Stangenwerk-…

Schwierigkeiten entstanden indessen dadurch, daß wir …Räder meist nicht im bildsamen Zustand erzeugen …nen, sondern einen Spanabhebungs- oder kürzer Schab-…ang (z. B. Hobeln, Fräsen, Räumen, Drehen, Schlei-… oder dergl.) anwenden müssen, um einfache Werk-…e, kleine Kräfte und dadurch große Genauigkeit zu …len, d. h. das Werkzeug muß als „schabendes" Werk-… ausgebildet werden.

Nun besteht beim Wälzgetriebe aber der Nachteil, daß …e gegenseitige Gleitbewegung längs der Zahnflan-… stattfindet und die radiale Gleitbewegung zum Scha-… zu unbedeutend und von wechselnder Richtung ist. …muß also eine hin- und hergehende Verschiebung zu … Wälzen hinzugefügt werden, Verfahren (1) und (2), …. 13 und 14.

Bei den Schraubgetrieben, die eine ständige Gleit-…egung längs der Zahnflanken vollführen, besteht der …hteil, daß sich die Berührung des Rades 2 im Fall …. 9 und Abb. 11 nur auf eine kurze axiale Länge er-…ckt, und „wo keine Berührung ist, ist auch …ine Bearbeitung". Hier muß also der Berüh-…gspunkt allmählich längs der Zylinderachse verscho-… werden (Übersichtstafel, Verfahren (3) und (5), …. 15 und 17). Nur bei der Zahnstange, Abb. 10 und …. 12, ist die Berührung auf der ganzen Länge des …nrades möglich und der Vorschub parallel zur Stirn-…achse im Betriebe von selbst vorhanden (Verfahren … und (6), Abb. 16 und Abb. 18).

Ein weiterer Gesichtspunkt war folgender: Bei dem …lzverfahren und dem Wälzschraubverfahren ist es …glich, mit dem gleichen Werkzeug (1) oder (3) einen …nzen Satz Werkstückräder (2) von beliebigem …rchmesser zu verbinden, bei dem Schraub-…fahren paßt zu den Werkzeugen (1) und (3) … ein ganz bestimmter Durchmesser des Rades und eine …timmte Form der Zähne des Stirnrades (2). …lzverfahren und Wälzschraubverfahren sind demnach …iversal- oder Satz-Verfahren, das Schraubverfahren da-…gen ist für Stirnraderzeugung ein Formver-…ren, bei dem das Werkzeug genau auf die Form des … erzeugenden Rades und Zahnes zugeschnitten sein …ß. Wenn wir jetzt noch hinzufügen, daß grundsätzlich … sechs Verfahren für jeden Schrägungswinkel von 0° … 90° durchführbar sind, ferner, daß die Werkzeuge, statt …nze Räder oder Zahnstangen zu bilden, zwecks Verklei-…ung und Verbilligung naturgemäß auch als Teile …on ausgebildet sein können, die mittels geeigneter …altvorrichtungen nacheinander in den einzelnen Lücken … Werkstückes benutzt werden, und schließlich, daß …belkanten auch durch Fräser und Schleifsteine von glei-…em Querschnitt ersetzt werden können, so sind damit alle …undsätzlichen Mittel und Wege der Erzeugungsver-…ren gekennzeichnet. Die Übersicht auf S. 74 ist eine ein-…che Zusammenstellung, die sich aus den oben dargeleg-… Entwicklungen von selbst erklärt.

Wir wollen nun, nachdem Verfahren und Werkzeug …em Wesen nach besprochen sind, auf die Maschine … Zahnraderzeugung noch näher eingehen.

Notwendig ist, wie bereits erwähnt wurde, bei allen …fahren, daß sich Werkzeug und Werkstück gegenseitig … in einem richtigen zwangläufigen Getriebe bewegen, …bei das Werkzeug mit seinen Arbeitsflächen oder …nten ein bereits richtig verzahntes Rad oder einen …il eines Rades (oder einer Zahnstange) bilden muß, …hrend das zu verzahnende Werkstück erst vom Werk-…ug aus durch Prägen oder Schaben seine Verzahnung …hält. Daraus ergeben sich auch die drei Grundbedin-…ngen für eine gute zwangläufige Verzahnung:

1. Richtiges Werkzeug;
2. richtige Lage;
3. richtige Übersetzung.

Zu 1. Das Werkzeug muß als Radwerkzeug (*a*) …er Stangenwerkzeug (*b*) bereits auf irgendeine Weise fertig und mit richtiger Zahnform versehen sein (Vermeidung von „Zahnformfehlern").

Zu 2. Werkzeug und Rad müssen genau in die richtige Getriebelage einstellbar sein (Vermeidung von „Lagenfehlern").

Zu 3. Die gegenseitige richtige Getriebebewegung (Übersetzung) im Ganzen und in jedem einzelnen Punkte muß irgendwie zwangläufig hergestellt werden (Vermeidung von „Teilfehlern").

Als Beispiel für diese drei Bedingungen ist in Abb. 19 die Anordnung für das reine Wälzverfahren dargestellt: Das fertige Radwerkzeug w (Bedingung 1) arbeite mit dem im Zahnkranz bildsam gemachten Rad r, das durch Aufwalzen der Verzahnung erzeugt werden soll, als Getriebe zusammen, die genau richtige Getriebelage (Bedingung 2) ist durch die Rad- und Werkzeugschlitten s_1 und s_2 auf dem gemeinsamen Maschinenrahmen zu erzielen, die richtige Getriebebewegung oder Übersetzung durch die Umformergetriebe u. Der Antrieb a von außen kann an beliebiger Stelle angreifen. (Wie die richtige und fehlerfreie Übersetzung durch Zahnradgetriebe, z. B. durch Wechselgetriebe und Teilradgetriebe oder auch teilweise durch rutschfreie Ketten oder Bänder erreicht wird, ist hier ohne Bedeutung.)

RZ 2265 Z 19

Abb. 19
Wälzverfahren

a Antrieb
r im Zahnkranz bildsam gemachtes Rad
s_1 und s_2 Rad- und Werkzeugschlitten
u Umformergetriebe
w Radwerkzeug

RZ 2265 Z 20

Abb. 20
Schraubverfahren

a Antrieb
r Mutterrad (Schneckenrad)
s Schlitten
u Umformergetriebe
w Schraube (oder Schnecke als Werkzeug

Auf die Frage, wie denn die wegen ihrer Leistungsfähigkeit viel verwendeten Radwerkzeuge, sei es als Wälzrad, sei es als Schraubrad, richtig hergestellt werden können, lautet die Antwort, daß diese als Zweitwerkzeuge ihrerseits wiederum mit Hilfe eines Erstwerkzeuges, nämlich eines Zahnstangen-Werkzeuges, hergestellt werden können, da es stets möglich ist, ein Zahnstangen-Werkzeug, wenn man ihm ein besonders einfaches geradliniges Profil gibt oder mindestens eine Zahnstangenflanke, als Erstwerkzeug nach dem Formverfahren genau herzustellen und zu führen. So kann man denn auch für das Wälzschraubverfahren jedes Schraubradwerkzeug (Schnecke) selbst nach dem Schraubverfahren, Abb. 12 und Abb. 18, durch ein einfaches Stangenwerkzeug, z. B. einen Drehstahl, herstellen, indem man (gemäß Bedingung 3) das gewählte Zahnstangenprofil als Schneidprofil axial an der auf einer Drehbank eingespannten künftigen Schraube vorbeiwandern läßt, während diese in bestimmtem Übersetzungsverhältnis zur Schneidbewegung sich dreht. Die so hergestellte Schraube ist das einfachste und erste genaue Zahnrad gewesen. So ist denn auch zu verstehen, daß gerade solche Schrauben, als schabende oder räumende Werkzeuge (Schneckenfräser) ausgebildet, bei den ersten Verzahnungsmaschinen benutzt wurden.

Abb. 20 zeigt die Maschinenanordnung, mit der ein Mutterrad (Schneckenrad) r durch eine solche Schraube (oder Schnecke) w nach dem reinen Schraubverfahren verzahnt wird[1]). Diese Maschine ist die älteste Maschine, die alle drei Grundbedingungen der Zahnradherstellung erfüllte, da das zuerst erwähnte Rändelverfahren bezüglich der Bedingungen 2 und 3 noch recht unvollkommen war. Während das reine Wälzverfahren, z. B. das Rändeln, zunächst einen in seiner Anwendbarkeit doch

[1]) Hierbei ist das Schraubverfahren kein Formverfahren, da die gleiche Schraube für verschieden große Mutterräder brauchbar ist.

Abb. 21
Reines Schraubverfahren und Schiele-Verfahren
r_1 Globoid-Rad
r_2 Zylinder-Rad
w Werkzeug

recht beschränkten Prägevorgang benutzte, konnte dieses Schraubverfahren wegen der bei Schraubgetrieben stets vorhandenen Flankengleitbewegung von vornherein mit einem Schabvorgang arbeiten und war darum nicht mehr auf große Kräfte oder besondere Formbarkeit des Werkstoffes angewiesen. Das Werkzeug mußte einmal als richtiges Schraubrad und einmal als schabendes Werkzeug ausgebildet werden, d. h. so, daß der Zahnrücken wie eine Feile, ein Fräser oder ein Räumwerkzeug arbeitete, und es dauerte lange, bis die Herstellung der heutigen wirksamen und nachschleifbaren Schneckenfräser möglich war. Die Herstellung des Werkzeuges erleichterte man sich allerdings meistens dadurch, daß man das Rad nur mit e i n e m Zahn oder Gang ausbildete, während die Herstellung genauer vielgängiger Schraubräder, die gleichzeitig Werkzeuge sein sollen, sogar heute noch ziemlich große Schwierigkeiten macht.

Abb. 22 bis 25. Stirnrad-Fräsmaschine von Schiele 1856 nach der englischen Patentschrift Nr. 2896
w Werkzeug r Werkstück u_1 und u_2 Umformer (Wechselräder) a Antrieb, unten mit eingesetzten Zahnstangen

Abb. 26. Üblicher Fräser **Abb. 27.** 90 °-Fräser

Wo diese Maschine, die nach dem reinen Schraub
fahren S c h n e c k e n r ä d e r herstellt, zuerst angewen
wurde, konnte ich nicht feststellen. Dagegen kennen wir
erste Maschine für Verfahren (3), Abb. 15, der Übersic
tafel, die, ausgehend von der Schneckenradherstellung,
erst auch Stirnräder herstellen sollte, aus dem englisc
Patent Nr. 2896 vom 6. Dezember 1856, das einem in
ham lebenden Deutschen, C h r i s t i a n S c h i e l e, ert
wurde. Schiele, ein auch sonst bekannter Erfinder, g
von der Schneckenraderzeugung nach Abb. 20 aus
fügte der durch Bedingung 3 gegebenen gegenseiti
Bewegung von Schraubenrad w und Mutterrad r n
eine B e w e g u n g d e s S c h r a u b f r ä s e r s i n d
L ä n g s r i c h t u n g d e r Z a h n l ü c k e n oder Za
flanken hinzu (Bedingung 4). Dadurch entstand, w
das Werkzeug w parallel zur Radachse bewegt wu
Abb. 21, an Stelle eines konkaven „Mutterrades" r_1
zylindrisches Rad r_2[1]). Der Patentanspruch von Sch
ging dahin, daß er „nicht die bereits ausgeübte Herstell
von Schneckenrädern (r_1 in Abb. 21) beansprucht, s
dern das ununterbrochene und richtige Schneiden and
Zahnräder mit Hilfe von Zwischengetrieben (Bedingung
und eines Schraubenfräsers (Bedingung 1), der, abgese
von seiner Schraubgetriebewirkung, zwangläufig noch
geführt wird, daß er die beabsichtigten Stirnradlüc
ausarbeitet (Bedingung 4), und ebenso die von ihm
schriebene maschinelle Anordnung zur Herstellung
Gerad- u n d S c h r ä g z a h n - Stirnrädern und andern
Zähnen versehenen Rädern". „Für S c h r ä g z a h
S t i r n r ä d e r s o l l t e d e r V o r s c h u b d e s F r
s e r s i n s c h r ä g e r R i c h t u n g e r f o l g e n."

Mit diesem Verfahren, Abb. 22 bis 25, das wohl
seinem Wesen, nicht aber in seinen Elementen fertig
stand, war Schiele seiner Zeit und auch wohl sei
eigenen Können weit vorausgeeilt. Er hatte die Univer
Fräsmaschine für gerad- und schrägzahnige Stirnräder
ansprucht, ja er wollte sogar Kegelräder damit „u
u n t e r b r o c h e n u n d r i c h t i g" fräsen, eine A
gabe, die heute noch ein Ziel der Konstrukteure bil

Das Schiele-Verfahren bot aber zwei grundsätzli
Schwierigkeiten: Die erste bestand im Werkzeug; d
Schiele hätte mit seinem Werkzeug, Abb. 24 und 25, gen
Geradzahnräder nicht herstellen können. Einen Fräser,
er etwa gemäß Abb. 20 zur Herstellung eines üblic
Mutterrades (S c h n e c k e n r a d e s) mit seinen schr
stehenden Zähnen benutzte, konnte er n i c h t i n d
g l e i c h e n S t e l l u n g (90 ° zur Radachse) zur H
stellung richtiger G e r a d z ä h n e durch axiale Fräs
verschiebung benutzen; er hätte ihn unter seinem m
leren Steigungswinkel γ neigen, Abb. 26, oder eine bes
dere Fräserform herstellen müssen, nämlich einen 9
Fräser, Abb. 27, wie er in wirklich brauchbarer Fo
erst vor wenigen Jahren von Amerika aus auf den Ma
gebracht wurde[2]). Aber dieser Fräser, dessen Verw
dungsbereich sowohl bezüglich seines Steigungswink
als auch der Zahngröße beschränkt ist, stellt ganz
stimmte Bedingungen für seine Form, die damals n
nicht bekannt waren. Dazu kam, daß im Jahre 1856 n

[1]) In den Abbildungen sind einfachheitshalber immer nur
„Hüllkörper" ohne die Zähne gezeichnet.
[2]) Vergl. K u t z b a c h, Zahnraderzeugung, Berlin 1925, VDI-Ve
S. 37. Auch in einem DRP Nr. 333 610 (1919) von E. Hoppe, Berlin, w
dieser Fräser zur Vereinfachung der Zahnradmaschinenbauart ben

Abb. 28. Herstellung eines zylindrischen Schrägzahnrades

Abb. 29. Herstellung eines hyperbolischen Rades.

doppelseitige Zykloidenverzahnung allgemein üblich (vergl. Abb. 25), die die genaue Herstellung solcher Fräser gänzlich unmöglich machte.

Die zweite Schwierigkeit wäre entstanden, wenn Schiele die Absicht ausgeführt hätte, Räder mit Schrägverzahnung einfach durch „Vorschub des Fräsers in schräger Richtung" zu erzeugen. Wie Abb. 28 und 29, bei denen ein schmaler Scheibenfräser die Zahnlücke ausfräsen soll, erkennen lassen, hätte Schiele dabei nicht ein zylindrisches Schrägzahnrad (oder Schraubenrad) nach Abb. 28 erhalten, sondern ein hyperbolisches Rad nach Abb. 29, indem die Zahnlücken sich beim geraden Vorschub in der Pfeilrichtung sowohl von der Radachse als auch voneinander immer mehr entfernen. Nur bei Anwendung besonders langer Fräser könnte man auch zylindrische Räder, aber nur von begrenzter Breite, herstellen.

Ob und wie weit Schiele seine zu früh geborene Maschine auszuführen versucht hat, ist nicht bekannt geworden. Auch ein mehr als 30 Jahre jüngerer Versuch von Grant (amerikanisches Patent Nr. 405 030 vom Jahre 1887) half über die zweite grundsätzliche Schwierigkeit noch nicht hinweg, während Grant die erste Schwierigkeit durch Benutzung eines nach Abb. 26 genau auf Zahnschräge einstellbaren normalen Fräsers behob. Die Maschine, Abb. 30 und 31, zeigt als Einstellvorrichtung (Bedingung 2) einen entsprechend der Zahnschräge einstellbaren Schlitten s und auf diesem wieder den Fräserhalter, der um den mittleren Steigungswinkel γ des Schraubfräsers gegenüber dem Schlittentisch s verstellt wurde, so daß Grant nunmehr mittels des üblichen Schneckenfräsers wenigstens genaue Geradzahnräder gut herstellen konnte, zumal damals die im Werkzeug wesentlich leichter herzustellende Evolventenverzahnung bereits Fuß gefaßt hatte. Dagegen wären seine Schrägzahnräder jedenfalls nach Abb. 29, also fehlerhaft ausgefallen, sobald er sie über eine gewisse Breite hinaus gefräst hätte.

Abb. 32 zeigt eine Maschine zur Herstellung von Geradzahnrädern, die im Jahre 1893 in einer New Yorker Maschinenfabrik aufgestellt wurde (Humpage, „Engineering" Bd. 86 (1908) S. 2286)[1]) und jedenfalls auf dem Grantschen Patent beruhte. Die Welle, die von der Riemenscheibe angetrieben wird, arbeitete sowohl über ein Stirnradgetriebe auf den Fräser als mit Hilfe mehrerer Kegelradgetriebe auf das Rad. Der Schlitten, der den Fräserhalter trägt, hat links eine senkrechte Drehachse, um die der Fräserhalter verdrehbar ist, um γ einzustellen, ist jedoch aber nur in Richtung der Stirnradachse verschiebbar.

Auch J. E. Reinecker, Chemnitz, entwickelte damals ähnliche Maschinen zur Herstellung von Schneckenrädern und auch Geradzahn-Stirnrädern, wo jedenfalls auch Pfauter, der bis 1895 Hauptkonstrukteur bei Reinecker war, sich damit befaßte. Und doch wurde der heute uns so einfach erscheinende weitere Weg, den letzten Mangel der Schiele- bzw. Grant-Maschine zu beheben und so aus der Sondermaschine für Geradzahnräder eine wirkliche Universalmaschine zur Verzahnung von Gerad- und Schrägzahnrädern zu schaffen, von Reinecker nicht ernstlich gesucht, offenbar weil er damals in einer Maschine zur Herstellung von Schrägzahnrädern kein Bedürfnis sah.

[1]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Jahrbuch d. V. d. I. 1912 S. 253 Abb. 31 u. 32.

w Werkzeug
r Werkstück
u_1, u_4 Umformer
s Schlitten
a Antrieb

Abb. 30 und 31
Stirnrad-Fräsmaschine von Grant 1887

Erst Pfauter, der seit Herbst 1895 bei der Firma Biernatzki, Chemnitz, tätig war, suchte und fand diesen Weg. Wann Pfauter die Erkenntnis kam, daß oder wie der Weg zur Herstellung der Universalmaschine beschritten werden mußte, konnte ich leider nicht in Erfahrung bringen; jedenfalls aber kam sie ihm nicht sofort nach seinem Austritt aus der Firma Reinecker; denn erst im September 1897 meldete er seine Erfindung, ohne etwas von Schieles oder Grants Patenten zu wissen, als Univer-

Abb. 32. Amerikanische Stirnrad-Fräsmaschine für Geradzähne vom Jahre 1893

salverfahren an (unter dem Decknamen der Chemnitzer Strickmaschinenfabrik), worauf im Juli 1900 nach langem Kampf mit dem Patentamte das DRP Nr. 112 082 unter Beschränkung auf die Herstellung von Schrägzahnrädern erteilt wurde.

Wir haben bereits oben außer den drei Grundbedingungen zur zwangläufigen Zahnraderzeugung eine vierte Bedingung kennengelernt, die mit der dritten nur in richtiger Weise vereinigt werden mußte: der Vorschub des Fräsers in den Zahnlücken des Rades zur Herstellung richtiger Flankenlinien. Diese Flankenlinien sind beim Schrägzahnrade Schraubenlinien, genau wie sie bei jeder mehr oder weniger steilgängigen Schraube vorkommen. Soll ein Werkzeug, z. B. ein Werkzeugstahl, eine Fräserscheibe, eine Schleifscheibe oder ein Schneckenfräser, sich während der Bearbeitung in einer Schraubenlinie verschieben lassen, so darf es nicht nach Abb. 29 in der Pfeilrichtung schräg zur Hauptachse geführt werden, sondern nach Abb. 28 axial, d. h. parallel zur Hauptachse, wobei aber gleichzeitig das zu fräsende Werkstück sich unter dem Fräser zurückschrauben muß. Pfauter suchte diese zusätzliche Schraubbewegung des Werkstückes mit der beim reinen Schraubvorgang bereits erfüllten Bedingung 3 (richtige Übersetzung) zu vereinigen, indem er nur statt des Scheibenfräsers einen Schraubfräser (Schneckenfräser) in den

Abb. 33 und 34. Bewegungsschema des Pfauterverfahrens ohne und mit Differential

a Antriebe *u* Umformer *d* Differential

Zahnlücken arbeiten ließ. Nunmehr konnte er beim V schub des Werkzeuges entweder das Werkstück sich rückschrauben lassen oder, was einfacher ist, das W zeug sich vorschrauben lassen. Je nachdem erhielt das Werkstück oder, was Pfauter vorzog, das Werkz beim Fräservorschub zwei übereinandergelagerte D bewegungen, nämlich die durch die normale Übersetz bedingte plus (oder auch minus) der durch den Vorsc in Achsrichtung des Werkstückes bedingten. Damit das universale Stirnräder-Verzahnungsverfahren oder Wälz-Schraubverfahren von Pfauter gefunden. Das Sch der Bewegungen ergibt sich gemäß Abb. 33 so, daß irgendeinem Antrieb *a* aus der Fräser seine Drehung hält und ebenso das Rad sowie die Spindel des Frä schlittens, diese beiden durch die einstellbaren Umforn

Abb. 35 bis 38. Maschine von Pfauter zum Fräsen von Schraubenrädern mittels Schneckenfräsers (nach der Patentschrift 112 082 vom 27. Juli 1900)

a_1 Antrieb des Schraubvorganges
a_2 Antrieb des Fräsvorschubes
s_1 Werkzeugschlitten
s_1' Rundtisch
s_2 Radschlitten
w Werkzeug (Fräser)
u_1 Teil-Wechselräder
u_2 Vorschub-Wechselräder
t_1 Teilrad
t_2 Teilspindel
d Differential

etriebe u_1 (Teilwechselräder) und u_2 (Vorschub-Wechselräder) in der vorher berechneten Übersetzung.

Pfauter ging aber noch einen Schritt weiter, indem r noch eine Bedingung 5 zu erfüllen suchte: Möglichkeit des unabhängigen Arbeitens des Schraubvorganges zur Schneckenraderzeugung und des Längsvorschubes zur beliebig raschen und beliebig langen Flankenbildung. Diese Aufgabe, zwei Bewegungsübertragungen leichzeitig und doch unabhängig voneinander tets richtig erfolgen zu lassen, verlangt, wie der Fachmann weiß, die Zwischenschaltung eines Differentialgetriebes d nach dem Schema in Abb. 34. Hier kann mittels des an beliebiger Stelle angreifenden Antriebes a_1 das Schraubverfahren zwischen Fräser und Rad über Umformer u_1 (Teilwechselräder) allein tätig sein und mittels des ebenso beliebig angreifenden Antriebes a_2 der zwischen Schlitten und Fräser über die Vorschubwechselräder u_2 arbeitende Vorschub nach Belieben hinzugefügt, verlangsamt oder beschleunigt werden, so daß der Fräservorschub in der Zahnlücke durchaus nicht durch den Schraubvorgang selbst bedingt ist. Die Antriebe a_1 und a_2 können aber auch zwangläufig wieder durch die „Differentialwechselräder" u_3 gekoppelt werden.

Durch diese zweite Erfindung gab Pfauter seiner Maschine erst jene Beweglichkeit, die sie für den Betrieb so außerordentlich bequem und vielseitig machte. Den Antrieb a_2 für die Zahnlückenerzeugung überließ Pfauter in seiner Patentschrift noch der Hand des Maschinisten, da er ja sehr langsam erfolgen kann; bald jedoch verband er ihn auf dem Umwege über das Wechselgetriebe u_3 mit dem Antriebe a_1, ohne aber auf die Möglichkeit des Handantriebes und der Handverstellung während des Betriebes zu verzichten.

Abb. 35 bis 38 zeigen die Maschine Pfauters nach der Patentschrift. Der Antrieb des Schraubvorgangs erfolgt durch die Riemenscheibe a_1, von wo aus einerseits über die Wechselumformer (Wechselräder) u_1 und das große Teilrad t_1 das Rad als Werkstück angetrieben wird, das auf dem Schlitten s_2 lagert, anderseits über das Differentialgetriebe d und verschiedene Zwischengetriebe der auf dem Schlitten s_1 und dem Rundtisch s_1' für jede Zahnschrägung einstellbar gelagerte Fräser. Der Längsvorschub dagegen erfolgt von Hand aus bei a_2, indem der Schlitten s_1 durch eine Teilspindel t_2 betätigt wird, die über das Vorschub-Wechselgetriebe u_2 und das Differential d auch bei ruhendem Antriebe a_1 das Werkzeug (Fräser) in den Radnuten verdrehen kann.

Abb. 39 gibt die erste Versuchsmaschine Pfauters, bei Biernatzki, Chemnitz, gebaut, nach einem alten Druckblatte dieser Firma wieder, auf dem auch rechts der unabhängige Handantrieb und links die Verbindung beider Antriebe durch Ketten zu erkennen ist.

Natürlich lag damals der Gedanke einer Maschine zur Herstellung von Gerad- und Schrägzahnrädern, wie so oft bei solchen Erfindungen, in der Luft und sowohl bei Zimmermann, Chemnitz, als bei Gebr. Stolzenberg, Berlin-Reinickendorf, hatte man inzwischen ähnliche Versuche zur Verwirklichung der Bedingung 4 (nicht aber der Bedingung 5)[1]) gemacht, die beide ebenfalls noch, bevor das Pfautersche Patent veröffentlicht wurde, zu Patentanmeldungen führten. Um allen Schwierigkeiten, Behinderungen und Verwicklungen aus dem Wege zu gehen, erteilte Pfauter nachträglich beiden Firmen, ebenso wie der Firma Biernatzki, Chemnitz, bei der er nach dem Fortgang von Reinecker zuerst tätig war und seine Versuchsmaschine baute, Lizenz auf Anwendung seines Verfahrens, wovon aber nur Zimmermann und Biernatzki Gebrauch machten. Pfauter selbst gründete nach Erhalt des Patentes im Dezember 1900 eine selbständige Firma, in der er sich nur mit der Ausbildung und Durchbildung seines Verfahrens und seiner Maschine befaßte, um infolge dieser Konzentrierung seiner Kraft bald einen Weltruf auf diesem Gebiet zu erlangen. Die Beschränkung der Fabrikation auf wenige in ihrer Arbeitsweise

[1]) Auch Pfauter hat bei seinen ersten Maschinen (zur Verbilligung der Herstellung) nur auf Wunsch der Besteller das Differential mitgeliefert, auf das heute kein Benutzer verzichten würde.

Abb. 39. Erste Versuchsfräsmaschine Pfauters, bei Biernatzki, Chemnitz, gebaut

eng miteinander verbundene Maschinen nebst den zugehörigen Werkzeugen zeugt vom Weitblick des Begründers, denn diese strenge Spezialisierung, deren Wichtigkeit uns heute immer klarer wird, war in der damaligen Werkzeugmaschinenindustrie eine Seltenheit. Die vielseitige Verwendbarkeit der Maschine machte ihr rasch auch den ausländischen Markt zugänglich, so daß wir heute in den Maschinenfabriken der ganzen Welt Pfauter-Maschinen vorfinden, deren Verfahren nach Ablauf der Patente natürlich auch von zahlreichen anderen Firmen übernommen wurde.

Abb. 40 und 41, S. 73, die neuere Formen der Pfauter-Maschine für kleine und für große Räder zeigen, lassen die große konstruktive Entwicklung des gleichen Gedankens vor Augen treten. Die drei Wechselumformer, die in Abb. 41 offengelegt sind, sind von links nach rechts u_1, u_3 und u_2.

Der Fortschritt im Bau läßt sich dadurch ausdrücken, daß nicht nur alle Ortänderungen durch zweckmäßige und genaue Getriebe den Forderungen der fehlerfreien Übersetzung und des kürzesten Weges nach Tunlichkeit entsprechen, sondern auch alle Formänderungen soweit beherrscht werden, daß nur die gewünschten spanabhebenden Formänderungen mit geringsten Zahnformfehlern auftreten, alle unerwünschten aber, wie sie durch Rahmenverbiegungen, Getriebeschwingungen und dergl. auftreten könnten, durch entsprechende Materialverteilung und gegebenenfalls sogar Anbringung von Schwungmassen (in Abb. 40 ist vor dem Fräser eine Schwungmasse angebracht) ausgeschaltet werden.

Zum Schluß seien noch kurze Erörterungen über die beiden Fragen angestellt, wofür das mit Schraubfräser arbeitende Wälzschraubverfahren anwendbar ist, und wie es im Verhältnis zu den übrigen Verzahnungsverfahren der Übersichtstafel steht.

Das durch sein stetiges Arbeiten ausgezeichnete Wälzschraub-Verfahren ist keineswegs auf die normale Zahnradherstellung beschränkt, sondern für die Herstellung aller in gleichbleibender Teilung außen verzahnten oder genuteten Drehkörper von zylindrischer oder scheibenförmiger Grundform anwendbar, z. B. für Wälz- und Schraubenräder aller Art, für Abrundung der Zähne an Schieberädern, für Kettenzahnräder, Schalträder, Sägen, Zahnkupplungen, längsverschiebliche Nutenbefestigung (Schiebekeilwellen), geriffelte Walzen und für irgendwelche Vielecke und unabhängig davon, ob die Zähne gerade oder beliebig schraubenförmig verlaufen. Insbesondere können diese Teile auch, zu langen Paketen aufgereiht, verzahnt werden.

Abb. 42. Herstellung eines Kettenrades nach dem Pfauter-Verfahren

Abb. 43. Herstellung eines Schaltrades nach dem Pfauter-Verfahren

Abb. 42 und 43 zeigen zwei Beispiele für die Herstellung eines Kettenrades und eines Schaltrades oder einer Säge nach diesem Verfahren, dessen universale Anwendbarkeit auch heute noch viel zu wenig bekannt ist.

Zur zweiten Frage sei bemerkt, daß von den auf der Übersichtstafel angegebenen sechs Verfahren zur zwangläufigen Stirnräderverzahnung von vornherein Verfahren (5) nur untergeordnete Bedeutung hat, während Verfahren (6) zur Herstellung der Schraubfräser auf der Drehbank unersetzlich ist. Verfahren (3) entspricht dem verbreitetsten Verfahren, dem Pfauter-Verfahren, während Verfahren (4), das die Brücke zu Verfahren (2) bildet, heute noch in seinen Anfängen begriffen ist. Verfahren (1) und (2) dagegen sind heute neben dem Pfauter-Verfahren zu einer großen Bedeutung gelangt, nachdem zu der durch die Übersetzung bedingten Wälzbewegung gemäß Bedingung 4 eine hin- und hergehende Schabbewegung längs der Zahnlücken hinzugekommen war. 1872 zuerst vom deutschen Ingenieur Hagen-Torn angegeben, wurde dieses Schabwälzverfahren von den Deutschen Carl Hoppe, Berlin, und Hugo Bilgram, Philadelphia, in die Praxis übertragen, dann von Reinecker, Fellows, Maag und vielen anderen, insb[esondere] auch für das Schleifen von Zahnrädern, weit[er] entwickelt und zu einer großen Bedeutung gebracht[1].

So werden denn Wälzschraubverfahren u[nd] Wälzverfahren wahrscheinlich nebeneinander besteh[en] bleiben, solange Stirnräder zwangläufig verzahnt werde[n], doch dürfte auch in Zukunft wie bisher die große Meh[r]zahl der Stirnräder wegen des raschen, stetigen und bi[l]ligen Arbeitens im Pfauter-Verfahren hergestellt werde[n], zumal auch die Schraubfräser in bezug auf Genauigke[it] und auf Leistungsfähigkeit in den letzten Jahren noch stä[n]dig verbessert wurden und noch weiterhin vervollkommn[et] werden. Die früher so allgemein angewendeten u[nd] lange bevorzugten „Teilverfahren", die mit Formfrä[]sern und Schalträdern arbeiteten, werden allmähli[ch] ganz verschwinden oder nur für Einzelfälle und beso[n]ders große Zähne übrig bleiben. Die stärkste und nac[h]haltigste Bresche aber in diese veralteten Verfahren g[e]schlagen zu haben, gebührt ohne Zweifel Pfauter m[it] seiner Universal-Stirnrad-Fräsmaschine. [B 2265]

[1] Vergl. Kutzbach Zahnraderzeugung, Berlin 1925, VDI-Verla[g]

Entladung von Eisenbahn-Kohlenwagen mittels Wasserstrahles

Zu dem Beitrag in Z. Bd. 70 (1926) S. 1332 ist zu bemerken, daß normale offene Eisenbahnwagen mittels Wasserstrahles schon seit langen Jahren entladen worden sind, und zwar nicht nur bei Zuckerrüben, sondern auch für Schüttgutladungen aller Art. So ist von der Erfinderin, der Firma R. Fölsche, Halle a. d. Saale, im Jahre 1920 an die Firma Vering & Waechter, Berlin, eine Anlage zum Entladen von Eisenbahnwagen, die mit Berliner Müll beladen sind, geliefert worden. Die Anlage, Abb. 1, schwemmt den mit Wasser vermischten Müll durch eine Rinne in einen stillgelegten Ziegeleiteich, aus dem die Pumpe gleichzeitig auch das zum Betrieb notwendige Wasser entnimmt.

Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen gegenüber Selbstentladern ergibt sich dadurch, daß die Beschaffung von Selbstentladern viel kostspieliger ist als eine sogenannte Elfa-Entladung, und daß das Gut auf weite Strecken nach einer Stelle geschwemmt werden kann, die für Eisenbahnwagen nicht zugänglich ist.

Die in dem erwähnten Artikel angegebene Neigung des Wagens um 10 vH während der Abladung ist nicht notwendig, würde voraussichtlich auch von der Reichsbahn nicht zugelassen werden.

Auch mit Braunkohle gefüllte Eisenbahnwagen in Zuckerfabriken sind so schon um das Jahr 1918 entladen worden. Der Nachteil ist der, daß die Naßabladung nur für Lagerkohle in Frage kommt, die genügend Zeit hat, bis zur Verfeuerung wieder ihren normalen Feuchtigkeitsgehalt zu gewinnen. [M 2477]

Abb. 1. Müllentladung aus einem Eisenbahnwagen mittels Wasserstrahles

Die Saugwirkung bei Kreiselpumpen

Von Dipl.-Ing. Paul Schmidt, München

Die Strömung vor dem Eintritt in Kreiselräder wird auf die Saugwirkung der Schaufeln zurückgeführt. — Die Berücksichtigung der Saugwirkung klärt die häufig beobachtete Unstimmigkeit zwischen der tatsächlichen und der berechneten Förderhöhe eines Rades auf. — Die Anfressungen in den Rädern von Kreiselpumpen sind in erster Linie durch falsche Formgebung der Schaufeln im Eintritt bedingt.

Zwischen den Versuchsergebnissen von Kreiselpumpen und der theoretischen Berechnung der Leistung besteht ein Widerspruch, der bei vielen Pumpen ganz auffällig hervortritt. Er liegt darin, daß beim Versuch eine wesentlich kleinere Förderhöhe festgestellt wird, als sie nach der üblichen Theorie von dem Laufrade erzeugt werden müßte. Dabei ist der Wirkungsgrad dieser Maschinen sehr gut, so daß die geringere Förderleistung nicht allein auf Leistungsverluste zurückgeführt werden kann. Die theoretische Berechnung stützt sich dabei auf die Einfadentheorie unter der Annahme unendlich dicht stehender Schaufeln. Die Berücksichtigung der ja stets nur endlichen Schaufelzahl, die nach verschiedenen Verfahren durchgeführt werden kann, vermag aber die Versuchsergebnisse und die Theorie nicht in Einklang zu bringen, dazu ist der Unterschied zwischen den beiden Ergebnissen viel zu groß.

Bisher ist aber bei der Berechnung der Förderhöhe eines Kreiselrades ein Vorgang unbeachtet geblieben, der einen wesentlichen Einfluß auf die Leistungsgröße ausübt. Dies ist die Saugwirkung, die im Einlauf der Kreiselräder auf die Flüssigkeit ausgeübt wird.

Physikalische Grundlagen der Saugwirkung

Die normale Anordnung einer Pumpanlage umfaßt eine Saugleitung, die aus dem Saugbehälter heraus einige Meter hoch zur Pumpe führt. Die Geschwindigkeit des Wassers im Saugbehälter ist gewöhnlich vernachlässigbar klein gegen die Geschwindigkeit im Saugrohr. Vor dem Einlauf des Saugrohres beginnt also eine Beschleunigung der Wasserteilchen, die in das Saugrohr hineinfließen. Die Beschleunigung setzt ein Druckgefälle voraus, und zwar muß offenbar durch das Laufrad der Pumpe ein Unterdruck erzeugt werden, damit der auf dem Wasserspiegel im Saugbehälter lastende Atmosphärendruck das Wasser in das Saugrohr hineintreiben kann.

Die Strömung vom Saugbehälter in das Saugrohr bis zum Eintritt der Pumpe ist im übrigen in genau gleicher Weise durch einen Saugheber zu erzeugen, wie er in Abb. 1 dargestellt ist. Hier bringt der Gefällunterschied zwischen Ober- und Unterwasserspiegel das Wasser zum Strömen. Ein gleichwertiges Gefälle muß durch das Laufrad der Pumpe erzeugt werden, wenn die gleiche Geschwindigkeit im Saugrohr erreicht werden soll.

Die Stelle, an der das Laufrad eine solche Drucksenkung in der strömenden Flüssigkeit hervorzurufen vermag, ist offenbar das Gebiet an der Rückseite der Schaufeln im Einlauf des Rades. Hier bildet sich in jedem Kanal längs der Schaufelwandung ein Bereich niedrigen Druckes aus, in den hinein die ankommenden Flüssigkeitsmassen abfließen. Dabei wird die Strömung mehr oder weniger stark von der ursprünglichen Richtung in die der Umlaufbewegung des Rades abgelenkt. Dies ist eigentlich der gleiche Vorgang, wie er dem Ansaugen einer Kolbenpumpe zugrunde liegt. Bei dieser wird der Unterdruck, der die Flüssigkeit zum Nachströmen veranlaßt, durch den zurückweichenden Kolben erzeugt; beim Kreiselrade geschieht es durch die in Umfangrichtung forteilende Schaufel. Der Unterschied liegt nur darin, daß in der Kolbenmaschine der saugende Kolben und die nachfließende Flüssigkeit die gleiche Bewegungsrichtung haben und daß der Vorgang ungleichförmig beschleunigt ist, während in dem Kreiselrade die umlaufenden Schaufeln durch eine Seitenablenkung der stetig strömenden Flüssigkeit die Saugwirkung hervorrufen.

Es ist zu beachten, daß dieser Vorgang des Ansaugens eines Kreiselrades von dem der darauf folgenden Leistungsübertragung vollständig zu trennen ist, weil zwischen beiden kein unmittelbarer physikalischer Zusammenhang besteht.

Einfluß der Saugwirkung auf die Förderleistung

Die Strömungsrichtung vor dem Laufrade verläuft bei Radialpumpen normalerweise strahlenförmig, bei Axialpumpen in Richtung der Achse. Die Saugwirkung der Schaufeln erzeugt also innerhalb des Eintritts eine umlaufende Bewegung der geradlinig ankommenden Wassermassen. Damit ist bereits eine Ablenkung der Wasserteilchen in die Drehrichtung des Rades eingeleitet, bevor die Energieübertragung vom Laufrad auf das Wasser einsetzt. Dies ist wichtig für die Berechnung der Förderhöhe, die das Laufrad zu leisten vermag.

Bisher hat man die Saugwirkung nicht weiter berücksichtigt, sondern die Wasserströmung vor dem Rade für die Berechnung der Förderhöhe zugrundegelegt. Annahmen über kleinere Abweichungen von dem Ansatz einer rein strahlenförmigen oder der in der Achse verlaufenden Richtung des Wassereintritts sind jedenfalls immer nur wegen unwesentlicher Nebenerscheinungen vorgenommen worden. Bei einem Wassereinlauf ohne umlaufende Bewegung und bei unmittelbar anschließender Energieübertragung ergibt sich eine Druckhöhe $H = \frac{u_2 \, c_{u2}}{g}$, während unter Berücksichtigung der Saugwirkung von diesem Wert noch der Einfluß der Umlaufbewegung im Laufradeinlauf in der Größe $\frac{u_1 \, c_{u_1}}{g}$ abzuziehen ist. Hierbei bedeuten: u_1 = Umlaufgeschwindigkeit im Laufradeinlauf, u_2 = Umlaufgeschwindigkeit im Laufradauslauf, c_{u1} = Umfangskomponente der absoluten Geschwindigkeit im Einlauf, c_{u2} = desgl. im Auslauf. Es zeigt sich also, daß durch die Saugwirkung eine kleinere theoretische Druckhöhe bedingt wird, als sie bisher errechnet wurde. Damit erklärt sich der Widerspruch, der bisher zwischen der Berechnung der Förderleistung eines Kreiselrades und ihrer Bestimmung durch Versuch bestand.

An einer ausgeführten Pumpe soll nun nachgerechnet werden, ob die Größenordnung, mit der die Saugwirkung die Förderhöhe beeinflußt, zu den bisher unerklärlichen Abweichungen stimmt. Es müßte sich in vielen Fällen ein ganz beträchtlicher Wert ergeben, um die bestehenden Abweichungen allein aus der Saugwirkung zu erklären. Hier sei eine Maschine untersucht, die mit unter 90° endigenden Schaufeln ausgeführt ist, wobei die Schaufelzahl zudem besonders groß ist. Damit ist der Einfluß der nur endlichen Schaufelzahl gegenüber der Annahme unendlich dicht stehender Schaufeln, die der Theorie zugrunde liegt, sehr stark gemindert. Außerdem hat die Maschine einen guten Wirkungsgrad, so daß die Nachrechnung der einzelnen Einflüsse nicht durch große, unbestimmbare Verluste innerhalb der Maschine erschwert wird.

Der Aufbau der Pumpe, Bauart Dr. Lawaczeck, ist aus Abb. 2 zu erkennen. Der Schnitt durch das Laufrad ist in Abb. 3 maßstäblich gezeichnet, und die Kennlinien sind in Abb. 4 wiedergegeben. Die Pumpe

Abb. 1. Saugheber

Abb. 2. Kreiselpumpe, Bauart Lawaczeck

Abb. 3. Laufrad einer Kreiselpumpe, Bauart Lawaczeck

zeigt keinerlei Turbulenz oder labile Arbeitsbereiche, läuft vielmehr ruhig ohne Lärm oder Erschütterungen.

Die Leistung wird theoretisch nach der Grundgleichung

$$H_{th} = \frac{u_2\,c_{u2} - u_1\,c_{u1}}{g}$$

bestimmt. Der Wert $\frac{u_2\,c_{u2}}{g}$ ist ohne weiteres aus den Abmessungen des Laufrades und der Drehzahl für jede Wassermenge zu errechnen. Bei dem Austrittwinkel von 90° ist c_{u2} immer gleich u_2, so daß sich hier mit $u_2 = 15{,}4$ m/s die theoretische Druckhöhe ergibt

$$H_{th} = \frac{15{,}4^2 - u_1\,c_{u1}}{g}.$$

Die unmittelbare Bestimmung von $u_1\,c_{u1}$ ist bisher noch nicht versucht worden, doch läßt sich dieses Glied der Gleichung errechnen, wenn H_{th} bekannt ist. Die theoretische Höhe ist aber auf Grund der Versuchsergebnisse mit genügender Annäherung zu bestimmen.

Der Kraftbedarf N_e, den die Pumpe im normalen Arbeitsgebiet erfordert, setzt sich zusammen aus der Nutzleistung $Q\,H_e$ und den Verlusten. Die Verluste sind in zwei Gruppen zu trennen. Erstens sind es Verluste an Druckhöhe, die von dem Laufrade in Form von potentieller oder kinetischer Energie geleistet war, aber wieder durch Reibung oder dergleichen verloren ging. In der zweiten Gruppe sind alle übrigen Verluste zusammenzufassen. Diese kann man ungefähr bestimmen, und damit ergibt sich dann als Unterschied aus den Gesamtverlusten und dieser zweiten Gruppe die Größe der reinen Druckhöhenverluste. Die Summe aus der gemessenen Druckhöhe und diesen Verlusten muß dann die theoretische Druckhöhe H_{th} darstellen.

Abb. 4. Kennlinien der Pumpe bei 1350 Uml./min

Die Verluste der zweiten Gruppe sind: Lager- un Stopfbüchsenreibung, Radscheibenreibung und Spaltve luste. Von diesen muß die Lager- und Stopfbüchsenreibun sowie der Spaltverlust geschätzt werden, weil eine Messun für diese Maschine nicht vorliegt. Die Radscheibenreibun ist aus Versuchen an umlaufenden Radscheiben zu b rechnen. Der rein mechanische Wirkungsgrad der Pump wird ungefähr 95 vH betragen, d. h. 5 vH der normale Leistung werden zur Deckung der Lager- und Stop büchsenreibung gebraucht. Da nur ein Spalt vorhande ist und die Maschine bei den Versuchen neu war, d Spaltringe also mit ganz geringem Spiel aufeinanderliefe ist der Spaltverlust nur gering und mit etwa 0,5 vH d normalen Wassermenge zu schätzen. Die Radreibung arbeit ist zu rechnen als Reibung einer vollen Scheibe i Wasser. Für diese ergibt sich die Leistung aus d Gleichung

$$R = 1{,}705\,\varrho\,u^3\,r^2,$$

worin nach Versuchen von Lasche, A. H. Gibso A. Ryan u. a. bei der Umfangsgeschwindigkeit u_2 = 15,4 m/s der Wert von ϱ mit 0,0018 einzusetzen ist. Da aus folgt die Leistung der Radscheibenreibung zu R = 0,136 PS. Die Summe all dieser Verluste der zweit Gruppe ergibt dann für den Betriebspunkt bei $Q = 15$ l $\Sigma\,V = 0{,}39$ PS.

Damit ist die Leistung, die tatsächlich auf das Wass übertragen wurde, bekannt. Sie ist

$$N_e - \Sigma\,V = 4{,}7 - 0{,}39 = 4{,}31 \text{ PS}.$$

Wären keine Verluste an erzeugter Druckhöhe vorhande dann würde sich diese Leistung von 4,31 PS in der Druc höhe und Menge der geförderten Flüssigkeit wiederfinde Es wäre also

$$\frac{Q\,H_{th}}{75} = 4{,}31 \text{ PS}$$

Daraus folgt

$$H_{th} = \frac{4{,}31 \cdot 75}{Q} = 21{,}55 \text{ m}.$$

Die gemessene Druckhöhe beträgt 18,3 m, somit ergibt si ein Wirkungsgrad für die Umsetzung der rein hydra lischen Leistung von der Größe

$$\frac{H_e}{H_{th}} = \eta_{\text{hydr.}} = 85 \text{ vH}^{1)}.$$

Nunmehr ist der Wert von $u_1\,c_{u1}$ zu bestimmen aus

$$H_{th} = \frac{15{,}4^2 - u_1\,c_{u1}}{g} = 21{,}55.$$

Er folgt zu

$$u_1\,c_{u1} = 25{,}5 \text{ (m/s)}^2.$$

Es fragt sich, ob dieser Wert der Umlaufgeschwindigke innerhalb des Laufradeintritts von den Schaufeln erzeu werden kann. Darüber Aufschluß zu bekommen, sei

[1]) Die hier wiedergegebene übliche Definition von $\eta_{\text{hydr.}}$ ist n als eine erste Annäherung zu betrachten; denn es ist anzunehmen, d am Austritt des Laufrades Sekundärströmungen vorliegen, die zwisch dem Laufradaustritt und dem Eintritt des Leitapparates verlaufen u zu Kraftverlusten führen, so oft ein Laufradkanal an einer Leitschau vorbeieilt. Doch kann hier nicht näher auf diese Erscheinung ein gangen werden.

die Werte von c_{u1}, die sich auf den beispielsweise angenommenen Durchmesser von 90 mm und 110 mm einstellen müßten, berechnet. Sie ergeben sich zu

$$c_{u1} = 4 \text{ m/s } (D = 90 \text{ mm}) \text{ und}$$
$$c_{u1} = 3{,}28 \text{ m/s } (D = 110 \text{ mm}).$$

Da die Radialgeschwindigkeit aus der Wassermenge und den Abmessungen des Rades ebenfalls bekannt ist (sie beträgt auf beiden Durchmessern $c_r = 2$ m/s), so vermag man die absolute Wassergeschwindigkeit der Richtung und Größe nach anzugeben. Der Vergleich dieser rechnungsmäßigen Geschwindigkeit mit der Bewegung und Lage der Laufradschaufeln gibt dann ein Urteil darüber, ob diese Geschwindigkeit möglich ist oder nicht. In Abb. 5 und 6 sind die Strömungsverhältnisse durch Geschwindigkeitsvektoren wiedergegeben, und außerdem ist die Schaufelneigung für beide Durchmesser dargestellt. Man erkennt, daß die volle Umlaufgeschwindigkeit auf 90 mm Dmr. noch nicht möglich ist, auf 110 mm Dmr. dagegen die Umfangsgeschwindigkeit der Schaufel bereits zu groß wird. Der mittlere Durchmesser, auf den die durch die Saugwirkung hervorgerufene Umlaufgeschwindigkeit der Wassermassen bezogen werden kann, wird also zwischen 90 und 110 mm liegen. Der Strömungszustand ist demnach durchaus möglich.

Würde man die theoretische Druckhöhe in der bisher üblichen Weise ohne Berücksichtigung der Saugwirkung errechnen, dann müßte sie gleich

$$\frac{u_2 \, c_{u2}}{g} = 24{,}2 \text{ m}$$

sein. Dann wäre der hydraulische Wirkungsgrad

$$\frac{H_e}{H_{th}} = \frac{18{,}3}{24{,}2} = 75{,}6 \text{ vH},$$

das ist aber unmöglich, weil dann $\eta_{\text{hydr.}}$ schlechter wäre als der Gesamtwirkungsgrad der Maschine. Dagegen ergibt die Nachrechnung unter Berücksichtigung der physikalisch bedingten Saugwirkung ein Ergebnis, das diesen Widerspruch befriedigend erklärt.

Hohlraumbildung und Anfressung bei Kreiselpumpen

Das Auftreten von Anfressungen bei Kreiselpumpen wird durch die Kenntnis der Saugwirkung sehr viel verständlicher, als es bisher der Fall war. Einmal wird durch die saugende Wirkung des Laufradeintritts der Druck viel stärker gesenkt, als nach der früheren Annahme, also ohne Berücksichtigung der Saugwirkung, der Fall wäre. Sodann aber ist von wesentlicher Bedeutung, daß die Kreiselräder bisher ohne Rücksicht auf die Saugwirkung entworfen wurden. Der Laufradeintritt ist daher in den allermeisten Fällen sehr ungünstig und bedingt bei größerer Saughöhe notwendig Kavitation und im Zusammenhange damit Anfressung.

Zur Erörterung der Anfressungserscheinungen an Kreiselpumpen möchte ich an die Ausführungen anknüpfen, die von Prof. Flügel, Danzig, gelegentlich der Hydrauliktagung am 5. und 6. Juni 1925[1]) gemacht sind. In Abb. 7 sind die zerstörten Stellen, die häufiger an Kreiselrädern beobachtet wurden, angedeutet. Während die Anfressung an der Saugseite im Einlauf des Rades durch die fehlerhafte Bauart, die einen örtlichen Wirbel mit sehr hohem Unterdruck im Kern bedingt, leichter verständlich ist, sind die Meinungen über die Ursache der Anfressungen an der Druckseite der Schaufeln in der

[1]) Veröffentlicht in dem Buch „Hydraulische Probleme“ Berlin 1926, VDI-Verlag.

A
B
C

Abb. 7. Häufig beobachtete Zerstörungen an Kreiselrädern

c
u
β
$c_r = 2$ m/s
$c_u = 4$ m/s
D = 90 mm

c
u
β
$c_r = 2$ m/s
$c_u = 3{,}28$ m/s
D = 110 mm
RZ2022Z5u.6

Abb. 5 und 6. Geschwindigkeitsdreiecke in der Eintrittzone

Nähe des Austritts geteilt. Nachdem aber erkannt ist, daß infolge der Saugwirkung im Laufradeintritt der Druck recht bedeutend gesenkt ist und durch die fehlerhafte Formgebung der Schaufeln noch weiter gesenkt wird, ist auch zu erwarten, daß die Dampfspannung im Einlauf des Rades in vielen Fällen beträchtlich unterschritten wird. Dann aber sind die Anfressungen weit innerhalb des Kanals als eine Folge der Dampfbildung im Eintritt zu deuten.

Zur näheren Erläuterung möchte ich auf die Versuche von J. Ackeret, Göttingen, hinweisen, die ebenfalls in dem genannten Buche veröffentlicht sind. Abb. 8[2]) zeigt, wie in einer Düse durch feine Drähte Dampfbildung hervorgerufen wird und die erzeugten Dampfbläschen unter plötzlichem Verdichtungsstoß im divergenten Teil der Düse verschwinden. Von ähnlichen Versuchen berichtete Prof. Föttinger, Berlin, schon früher. Nach dessen Beobachtungen ist dieser Vorgang kennzeichnend für die Bildung von Anfressungen, indem durch das plötzliche Zusammenstürzen der Dampfblasen in der Nähe der Wandung eine ganz erhebliche Hämmer- und Scherwirkung auf die Oberfläche der Wandungen ausgeübt wird.

Die Relativströmung in den Kanälen einer Kreiselpumpe verläuft im wesentlichen ähnlich wie die Strömung in einer Düse. Auch wenn keine Verzögerung der Relativgeschwindigkeiten im Laufrade stattfindet, so erhöht sich doch der Druck des strömenden Wassers auf dem Wege

[2]) a. a. O. S. 105.

Druck
0,2 mm Draht
Schaumstreifen
Verd.-Stoß

Abb. 8. Schaumbildung in der Düse bei tiefem absolutem Druck

zum Austritt sehr stark, und zwar in erster Linie nahe der Druckseite der Schaufeln. Die Steigerung des Druckes ist aber wesentlich, da sie zum Niederschlag der Dampfblasen führt. Damit erklärt sich die Anfressung weit innerhalb der Laufradkanäle als eine Erscheinung, die an ruhenden Kanälen seit langem untersucht wird und mit Sicherheit auf die Dampfbildung im Eintrittabschnitt des Rades zurückzuführen ist.

Weitere Einzelheiten über die genauere Lage des Anfressungsgebietes, ob dieses näher zum Austritt hin oder mehr innerhalb des Kanals liegt, sowie auch ob die Druckseite der Schaufel oder die Seitenwände mehr angefressen werden, hängen von Besonderheiten der Bauart ab. Es mag hier noch bemerkt werden, daß Anfressungen bei mehrstufigen Pumpen gewöhnlich nur in dem Laufrad der ersten Stufe zu beobachten sind. Bei der zweiten und den folgenden Stufen entfällt aber auch die Notwendigkeit des Ansaugens, da diesen das Wasser mit der nötigen Eintrittgeschwindigkeit zugeführt wird. Deshalb stimmt dort die bisher übliche Konstruktion auch im allgemeinen mit den Strömungsverhältnissen überein. Doch ist es trotzdem möglich, wenn das Laufrad der ersten Stufe im wesentlichen nur kinetische Energie erzeugt, daß die zum Niederschlag notwendige Druckerhöhung erst in der zweiten Stufe auftritt und dann in dieser noch Anfressungen hervorgerufen werden. [B 2022]

Die Peckham-Pendelachsaufhängung für Straßenbahnwagen

Von der Berliner Straßenbahn wurden kürzlich 300 neue zweiachsige Anhängewagen in Betrieb genommen, die mit der jetzt vielfach im Straßenbahnwagenbau angewendeten Peckham-Pendelachsaufhängung ausgestattet sind. Sie zeichnen sich durch ruhigen und stoßfreien Lauf aus.

Der Hauptteil der nur bei zweiachsigen Wagen in Frage kommenden Peckham-Aufhängung, Abb. 1, ist ein doppelter, hufeisenförmiger Bügel, dessen freie Schenkel durch Gelenkbolzen mit der Achsfederung des Wagens verbunden sind und dessen oberer Teil in zwei flachrunden Längsnuten auf der Achsbüchse hängt. Diese Anordnung hebt die feste Führung der Achsbüchse in der Achslagerführung des Laufgestells oder der Achshalter auf und gestattet der Achse, neben dem senkrechten Federspiel einen Seitenausschlag in Form einer pendelnden Bewegung des hufeisenförmigen Bügels um seine Gelenkbolzen auszuführen. Diese Pendelbewegung, die im Höchstfalle der Achse eine Seitenverschiebbarkeit von 25 mm erteilen kann, wird durch Anschlag der Bügelinnenseiten an besonderen Leisten des Laufgestellrahmens oder der Achshalter begrenzt. Die Peckham-Pendelachsaufhängung, die von der Bergischen Stahl-Industrie in Remscheid gebaut wird, läßt sich in dieser Form an allen zweiachsigen Straßenbahn-Wagenbauarten anbringen und unterscheidet sich von andern Laufzeuganordnungen nur durch die kennzeichnende Kipplagerung der Achsbüchse, durch Zwischenschaltung des Pendelbügels und durch besondere Ausgestaltung des unteren Federbundes bei Verwendung von Blattfedern oder der Federauflagerung bei Spiralfedern. Wie die Ausführung der Berliner Straßenbahn zeigt, Abb. 2 und 3, läßt sich das Pendelgehänge auch bei obenliegender Blattfederanordnung verwenden. In diesem Falle findet die Gelenkbewegung um die nach unten verlängerten Enden des Federbundes statt, die im Achshalter seitlich geführt werden. Diese an den Gelenkstellen walzenförmig ausgebildeten Enden stützen sich in die Pfannen des Pendelbügels.

Die Peckham-Aufhängung ist das Ergebnis zahlreicher Versuche, die man gemacht hat, um den Lauf der zweiachsigen Straßenbahnfahrzeuge zu verbessern. Ihre Wirkung kommt etwa der der Drehgestellwiege gleich. Es wird erreicht, daß der Wagenkasten nicht jede durch Unregelmäßigkeiten im Gleis oder durch andre Umstände veranlaßte Seitenbewegung der Achse mitzumachen braucht, und daß sich besonders die Spurkranzstöße, die zum Schlingern Anlaß geben, nicht mehr in ihrer ganzen Wirkung auf den Wagenkasten übertragen. Besonders günstig wirkt die Peckham-Aufhängung bei der Einfahrt in Krümmungen; der Wagenkasten wird nicht wie bei festen Achsen zu plötzlicher Richtungsänderung gezwungen, sondern bleibt bis zum Höchstausschlag der Peckham-Aufhängung entsprechend seinem Beharrungsvermögen geradeaus gerichtet, und erst dann, nachdem seine lebendige Kraft durch Zerlegung seiner Geschwindigkeit in zwei Komponenten vermindert ist, paßt er sich allmählich der Krümmung an. Daher ist es auch bei dem mit Peckham-Aufhängung versehenen Wagen nicht notwendig, vor Krümmungen die Geschwindigkeit so stark zu vermindern.

Als Folge des ruhigen Laufes der Wagen ist verminderter Stromverbrauch, geringere Abnutzung von Radreifen und Schiene bis zu 30 vH und Schonung sämtlicher Teile des Wagens festzustellen. Gegenüber einachsigen Drehgestellen, mit denen auch schon Versuche vorliegen, zeichnet sich die Peckham-Ausrüstung mit rd. 250 kg je Wagen durch geringeres Gewicht und weit einfachere Anordnung aus. Das Mehrgewicht richtet sich jedoch nach der jeweiligen Konstruktion des Untergestelles; es wird in vielen Fällen erheblich unter dem angegebenen bleiben. Es sei noch erwähnt, daß bei Wagen mit Peckham-Aufhängung der Radstand erheblich vergrößert werden kann, so daß dadurch die Fahrzeuge günstiger abgestützt sind und zur Erhöhung des Fassungsraumes länger gebaut werden können. [M 2506] Cramer

Abb. 1. Peckham-Aufhängung mit untenliegender Blattfeder

a Achsausladung

Abb. 2 und 3. Peckham-Aufhängung mit oben liegender Feder

Die Theorie des Winderhitzers

Von Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Nußelt, München

Es werden Formeln für die Berechnung des Temperaturverlaufes im Winderhitzer für fünf verschiedene vereinfachende Annahmen aufgestellt.

Zur Übertragung der Wärme von heißen Gasströmen an kalte Gase gibt es in der Technik eine Reihe von periodisch arbeitenden Apparaten, wie den Winderhitzer am Hochofen, den Siemensschen Regenerator am Siemens-Martin-Ofen und am Glasschmelzofen, den Ljungström-Lufterhitzer und andre, die folgende Arbeitsweise gemeinsam haben: Eine Reihe fester Körper wird zunächst durch den sie umströmenden heißen Gasstrom erwärmt und gibt hierauf die so aufgespeicherte Wärme an die sie bestreichenden kalten Gase ab. Der erste Teilvorgang heiße die Gas- und der zweite die Windperiode.

Ist die Zuströmtemperatur des heißen Gases und die des kalten Windes konstant, so ist ein wesentliches Merkmal dieser Apparate, daß die Temperaturen der austretenden Gasströme zeitlich veränderlich sind. Es ist deshalb im Winderhitzer, wie diese Apparate im folgenden kurz genannt werden sollen, der Temperaturverlauf im Stein und im Gas oder Wind örtlich und zeitlich veränderlich. Dieser Temperaturverlauf wird hier unter verschiedenen Annahmen berechnet.

In seiner einfachsten Gestalt besteht ein solcher Winderhitzer aus einer ebenen Platte, die auf der einen Seite isoliert ist, während die andre Seite abwechselnd vom Gasstrom geheizt oder vom Luftstrom gekühlt wird.

Die Größe ihrer Oberfläche sei F und ihre Dicke sei c. Die Temperaturleitfähigkeit des Baustoffs, aus dem die Platte besteht, sei a^2, seine Wärmeleitzahl λ und seine spezifische Wärme der Raumeinheit C. Die an der Oberfläche der Platte in der Richtung des Gasstromes entlang laufende Koordinate sei x. Am Gaseintritt sei $x = 0$. Die in die Tiefe der Platte gerichtete Koordinate sei y. An der gasbespülten Oberfläche sei $y = 0$. Die Zeit werde mit z bezeichnet. Die Dauer der Gasperiode sei z_1, die der Windperiode z_2, so daß die Dauer einer Betriebsperiode des Winderhitzers $z_1 + z_2$ wird.

Der Wasserwert der heißen Gase, die, bezogen auf die Zeiteinheit, durch den Winderhitzer strömen, sei W_1. Während einer Windperiode strömt deshalb mit dem Gas ein Wasserwert $W_1 z_1$ durch den Apparat. Während der Windperiode sei der entsprechende Wasserwert W_2. Die Temperatur im Stein sei an einer Stelle t. Die Temperaturen von Gas und Wind seien u und v. Ihre als unveränderlich angenommenen Temperaturen am Eintritt in den Winderhitzer seien u_0 und v_0. Die Wärmeübergangszahl für den Wärmeaustausch zwischen Gas und Stein sei α_1 während der Gas- und α_2 während der Windperiode. Sie werde während jeder Periode als gleichbleibend vorausgesetzt.

Fall 1. Der Winderhitzer bei sehr großer Periodenzahl in der Zeiteinheit

Bei sehr kurzer Dauer der Gas- und Windperiode spielt sich die Wärmespeicherung nur an der Oberfläche des Steines ab. Die Steintemperatur t, die Gastemperatur u und die Windtemperatur v sind dann nur vom Ort x im Winderhitzer abhängig. Sie sind sämtlich unabhängig von der Zeit z.

Für ein Flächenelement $\mathrm{d}x$ der Steinoberfläche gilt dann während der Gasperiode die folgende Beziehung

$$\alpha_1 (u - t)\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}z = - W_1\,\mathrm{d}u\,\mathrm{d}z \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

oder

$$\alpha_1 (u - t) = - W_1 \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} \quad \ldots\ldots \quad (1a).$$

Entsprechend gilt für die Windperiode

$$\alpha_2 (t - v) = - W_2 \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} \quad \ldots\ldots \quad (2).$$

Im Beharrungszustand des Winderhitzers muß dann die an der Stelle x während der Gasperiode vom Stein aufgenommene Wärme gleich der während der Windperiode vom Stein an den Wind abgegebenen Wärme sein. Es ist demnach

$$\alpha_1 (u - t) z_1 = \alpha_2 (t - v) z_2 \quad \ldots\ldots \quad (3).$$

Aus Gl. (3) ergibt sich zunächst die Temperatur des Steines zu

$$t = \frac{\alpha_1 z_1 u + \alpha_2 z_2 v}{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2} \quad \ldots\ldots \quad (4).$$

Setzt man zur Abkürzung

$$\frac{\alpha_1 z_1}{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2} = a \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

und

$$\frac{\alpha_2 z_2}{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2} = b \quad \ldots\ldots \quad (5a),$$

wobei also

$$a + b = 1 \quad \ldots\ldots \quad (5b)$$

ist, so wird

$$t = a u + b v \quad \ldots\ldots \quad (4a).$$

Sondert man mit Gl. (4a) t aus den beiden Differentialgleichungen (1a) und (2) aus, so erhält man, wenn man zur Abkürzung

$$\left.\begin{aligned} m &= \frac{b\,\alpha_1}{W_1} \\ \text{und} \qquad n &= \frac{a\,\alpha_2}{W_2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

einführt:

$$\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} + m u - m v = 0 \quad \ldots\ldots \quad (1b)$$

und

$$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} + n u - n v = 0 \quad \ldots\ldots \quad (2a).$$

Wenn man aus diesen beiden Gleichungen v aussondert, erhält man für u die Gleichung

$$\frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}x^2} + (m - n)\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (7),$$

deren Lösung mit den beiden Integrationskonstanten C_1 und C_2

$$u = C_1 + C_2 e^{-\beta x} \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

lautet. Hierin ist

$$\beta = m - n = \frac{\alpha_1 b}{W_1} - \frac{\alpha_2 a}{W_2} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2}\left(\frac{z_2}{W_1} - \frac{z_1}{W_2}\right)$$

$$= \frac{\alpha_1}{W_1}\,\frac{\dfrac{z_2}{z_1} - \dfrac{W_1}{W_2}}{\dfrac{\alpha_1}{\alpha_2} - \dfrac{z_2}{z_1}} \quad \ldots\ldots \quad (9).$$

Setzt man den Wert für u aus Gl. (8) in Gl. (1b) ein, so ergibt sie

$$v = C_1 + C_2 \frac{n}{m} e^{-\beta x} \quad \ldots\ldots \quad (10).$$

Zur Bestimmung der Integrationskonstanten C_1 und C_2 dienen die folgenden Grenzbedingungen

$$\left.\begin{aligned} u &= u_0 \ \text{ für } \ x = 0 \\ \text{und} \qquad v &= v_0 \ \text{ für } \ x = F \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (11).$$

Es ergeben sich

$$\left.\begin{aligned} C_1 &= u_0 - \frac{u_0 - v_0}{1 - \frac{n}{m} e^{-\beta F}} \\ C_2 &= \frac{u_0 - v_0}{1 - \frac{n}{m} e^{-\beta F}} \end{aligned}\right| \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

und damit der Verlauf der Gas- und der Windtemperatur längs der Steinoberfläche zu

$$u = u_0 - (u_0 - v_0)\frac{1 - e^{-\beta x}}{1 - \frac{n}{m} e^{-\beta F}} \quad \ldots\ldots \quad (8a)$$

und

$$v = u_0 - (u_0 - v_0)\frac{1 - \frac{n}{m} e^{-\beta x}}{1 - \frac{n}{m} e^{-\beta F}} \quad \ldots\ldots \quad (10a)$$

Der Verlauf der Steintemperatur ergibt sich nach Gl. (4 a) zu

$$t = u_0 - \frac{u_0 - v_0}{1 - \frac{n}{m}\, e^{-\beta F}} \left[1 - \left(a + b\,\frac{n}{m}\right) e^{-\beta x}\right] \quad . \; . \; (4\text{b}).$$

In den drei Gleichungen (8 a), (10 a) und (4 b) ist

$$\frac{n}{m} = \frac{z_1\, W_1}{z_2\, W_2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (13).$$

Bezeichnet man mit u_2 und v_2 die Austrittstemperaturen von Gas und Wind aus dem Winderhitzer, so wird die bei einem Spiele im Winderhitzer ausgetauschte Wärme

$$Q_{\text{Sp}} = W_1\,(u_0 - u_2)\,z_1 = W_2\,(v_2 - v_0)\,z_2$$

$$= \frac{(u_0 - v_0)\left(1 - e^{-\beta F}\right)}{\frac{1}{z_1\, W_1} - \frac{1}{z_2\, W_2}\, e^{-\beta F}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (14).$$

Die in einer Stunde ausgetauschte Wärme ist dann

$$Q_{\text{St}} = \frac{Q_{\text{Sp}}}{z_1 + z_2} = \frac{u_0 - v_0}{z_1 + z_2}\; \frac{1 - e^{-\beta F}}{\frac{1}{z_1\, W_1} - \frac{1}{z_2\, W_2}\, e^{-\beta F}}$$

$$= \frac{W_1\,(u_0 - v_0)}{1 + \frac{z_1}{z_2}}\; \frac{1 - e^{-\beta F}}{\frac{z_2}{z_1} - \frac{W_1}{W_2}\, e^{-\beta F}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (15).$$

Häufig ist $z_1 = z_2$, $W_1 = W_2$ und $\alpha_1 = \alpha_2$. Für diesen Fall geht Gl. (15) über in

$$Q_{\text{St}} = \frac{W_1\,(u_0 - v_0)}{2}\; \frac{1}{1 + \frac{2\, W_1}{\alpha_1\, F}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (15\text{a}).$$

Fall 2. Die Wärmeleitzahl des Speicherbaustoffes ist unendlich groß.

In diesem Fall ist die Temperatur t des Steines an allen Stellen im Winderhitzer gleich groß. Sie ist nur eine Funktion der Zeit z. Einen solchen Wärmespeicher stellt z. B. ein mit Wasser gefüllter Kessel dar. Für die Gasperiode gilt hier die Gleichung

$$\alpha_1\,(u - t) = -\,W_1\,\frac{\partial u}{\partial x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (16).$$

Ihre Lösung liefert sofort den Temperaturverlauf des Gases längs der Heizfläche zur Zeit z:

$$u - t = (u_0 - t)\, e^{-\frac{\alpha_1 x}{W_1}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (17).$$

Die Austrittstemperatur u_2 des Gases aus dem Winderhitzer zur Zeit t wird damit

$$u_2 - t = (u_0 - t)\, e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (18)$$

oder

$$u_2 = u_0\, e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}} + t\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) \quad . \; . \; . \; . \; (18\text{a})$$

und

$$u_2 - u_0 = (u_0 - t)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) \quad . \; . \; . \; . \; (18\text{b}).$$

Die vom Gas abgegebene Wärme dient zur Erwärmung der Speicherfüllung, deren Wasserwert w sei. Es ist dann

$$W_1\,(u_0 - u_2) = w\,\frac{\text{d}\,t}{\text{d}\,z} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (19).$$

Setzt man in diese Gleichung den Wert von $u_0 - u_2$ aus Gl. (18 b) ein, so erhält man für die Steintemperatur t die Differentialgleichung

$$W_1\,(u_0 - t)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) = w\,\frac{\text{d}\,t}{\text{d}\,z} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (20),$$

deren Lösung lautet

$$-\ln\,(u_0 - t) = \frac{W_1}{w}\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) z + C \quad . \; . \; . \; (21).$$

Die Integrationskonstante C ergibt sich aus der Grenzbedingung

$$t = t_0 \quad \text{für} \quad z = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (22)$$

zu

$$C = -\ln\,(u_0 - t_0) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (23).$$

Somit ergibt sich für die Steintemperatur die Gleichung

$$t = u_0 - (u_0 - t_0)\, e^{-\frac{W_1}{w}\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) z} \quad . \; . \; . \; (24).$$

Setzt man zur Abkürzung

$$a_1 = 1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (25),$$

so kann man auch schreiben

$$t = u_0 - (u_0 - t_0)\, e^{-\frac{W_1}{w}\, a_1 z} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (24\text{a}).$$

Durch das Einsetzen dieses Wertes in Gl. (17) erhält man für die Gastemperatur

$$u = u_0 - (u_0 - t_0)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 x}{W_1}}\right) e^{-\frac{W_1}{w}\, a_1 z} \quad . \; . \; (17\text{a})$$

und für die Gastemperatur hinter dem Winderhitzer

$$u_2 = u_0 - (u_0 - t_0)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) e^{-\frac{W_1}{w}\, a_1 z} \quad . \; . \; . \; (26).$$

Bezeichnet man nun mit t_1 die Steintemperatur am Ende der Gasperiode und mit $u_2{'}$ die Gasaustrittstemperatur zur selben Zeit, so ergeben sie sich zu

$$t_1 = u_0 - (u_0 - t_0)\, e^{-\frac{W_1}{w}\, a_1 z_1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (24\text{b})$$

und

$$u_2{'} = u_0 - (u_0 - t_0)\, a_1\, e^{-\frac{W_1}{w}\, a_1 z_1} \quad . \; . \; . \; . \; (26\text{a}).$$

Wenn man zur Abkürzung noch

$$b_1 = e^{-\frac{W_1}{w}\, a_1 z_1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (27)$$

schreibt, wird

$$t_1 = u_0 - (u_0 - t_0)\, b_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (24\text{c})$$

$$u_2{'} = u_0 - (u_0 - t_0)\, a_1\, b_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; (26\text{b}).$$

Für die anschließende Windperiode gelten die folgenden Differentialgleichungen

$$\alpha_2\,(t - v) = -\,W_2\,\frac{\partial v}{\partial x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (28)$$

und

$$W_2\,(v_2 - v_0) = -\,w\,\frac{\text{d}\,t}{\text{d}\,z} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (29),$$

hierin ist v_2 die Austrittstemperatur des Windes. Setzt man zur Abkürzung

$$\left.\begin{aligned} a_2 &= 1 - e^{-\frac{\alpha_2 F}{W_2}} \\ \text{und} \quad b_2 &= e^{-\frac{W_2}{w}\, a_2 z_2} \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (30),$$

so wird die Windtemperatur

$$v = v_0 + (t_1 - v_0)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_2}{W_2}(F - x)}\right) e^{-\frac{W_2 a_2}{w} z} \quad . \; . \; (31)$$

und die Steintemperatur t, wenn t_1 die Steintemperatur am Anfang der Windperiode bezeichnet,

$$t = v_0 + (t_1 - v_0)\, e^{-\frac{W_2 a_2}{w} z} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (32).$$

Die Austrittstemperatur des Windes ist dann

$$v_2 = v_0 + (t_1 - v_0)\, a_2\, e^{-\frac{W_2}{w}\, a_2 z} \quad . \; . \; . \; . \; (31\text{a})$$

und am Ende der Windperiode

$$v_2{'} = v_0 + (t_1 - v_0)\, a_2\, b_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (31\text{b}).$$

Für die Temperatur der Steine am Ende der Windperiode ergibt sich

$$t_2 = v_0 + (t_1 - v_0)\, b_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (32\text{a}).$$

Mit den Gleichungen (24 c) und (26 b) sowie (31 b) und (32 a) läßt sich der Anheizzustand des Winderhitzers verfolgen. Für den Beharrungszustand gilt

$$t_2 = t_0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (33).$$

Wärmeleistung Q_{St}

Periodendauer

Abb. 1
Abhängigkeit der ausgetauschten Wärmemengen von der Dauer der Windperiode

Nach Gl. (32 a) wird dann

$$t_0 = v_0 + (t_1 - v_0)\, b_2 \quad \ldots \ldots (33a).$$

Anderseits ist nach Gl. (24 c)

$$t_1 = u_0 - (u_0 - t_0)\, b_1 \quad \ldots \ldots \ldots (24c).$$

Löst man diese beiden Gleichungen nach t_0 und t_1 auf, so wird die Steintemperatur am Anfang der Gasperiode oder am Ende der Windperiode

$$t_0 = \frac{v_0(1-b_2) + u_0 b_2 (1-b_1)}{1 - b_1 b_2} \quad \ldots \ldots (34)$$

und die Steintemperatur am Ende der Gas- oder am Anfang der Windperiode

$$t_1 = \frac{u_0(1-b_1) + v_0 b_1 (1-b_2)}{1 - b_1 b_2} \quad \ldots \ldots (35).$$

Jetzt läßt sich die in einem Spiel im Winderhitzer ausgetauschte Wärme berechnen. Sie wird

$$Q_{Sp} = w(t_1 - t_0) = w(u_0 - v_0)\frac{(1-b_1)(1-b_2)}{1 - b_1 b_2} \quad . \ (36).$$

Aus dieser ergibt sich die in einer Stunde ausgetauschte Wärme zu

$$Q_{St} = \frac{Q_{Sp}}{z_1 + z_2} = \frac{w(u_0 - v_0)}{z_1 + z_2}\,\frac{(1-b_1)(1-b_2)}{1 - b_1 b_2} \quad . \ . \ (37).$$

Um den Einfluß der Dauer der Periode auf die stündlich ausgetauschte Wärme zu erhalten, werde für ein Beispiel $z_1 = z_2$, $\alpha_1 = \alpha_2$ und $W_1 = W_2$ gesetzt. Es wird dann

$$Q_{St} = \frac{w(u_0 - v_0)}{2 z_1}\,\frac{\left(1 - e^{-\frac{W_1}{w}\alpha_1 z_1}\right)^2}{1 - e^{-2\frac{W_1}{w}\alpha_1 z_1}} \quad \ldots \ldots (38).$$

Abb. 1 zeigt diese Abhängigkeit der stündlich ausgetauschten Wärme von der Dauer des Spieles. Man erkennt, wie mit zunehmender Periodenzahl die stündlich ausgetauschte Wärme zunimmt. Der Höchstwert wird bei $z = 0$ erreicht und beträgt

$$Q_{max} = \frac{W_1}{4}(u_0 - v_0)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) \quad \ldots \ldots (39).$$

Da im vollkommenen Wärmeregenerator in der Stunde die Wärme

$$Q_0 = \frac{W_1}{2}(u_0 - v_0) \quad \ldots \ldots \ldots (40)$$

ausgetauscht wird, ist der günstigste wärmetechnische Wirkungsgrad des betrachteten Wärmespeichers

$$\eta_{max} = \frac{1}{2}\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) \quad \ldots \ldots \ldots (41).$$

Er ist also recht schlecht.

Fall 3. Die Wärmeleitzahl der Steine ist parallel zur Strömungsrichtung des Gases null und senkrecht dazu unendlich groß.

In diesem Falle sind u und t beide Funktionen von x und z. Für die Übertragung der Wärme von den heißen Gasen an den Stein gilt dann während der Gasperiode die Gleichung

$$\alpha_1(u - t) = -W_1\frac{\partial u}{\partial x} \quad \ldots \ldots \ldots (42).$$

Ist w der Wasserwert eines Steines von der Grundfläche 1 und der Dicke c, so gilt für die Wärmespeicherung im Stein die Beziehung

$$\alpha_1(u - t) = w\frac{\partial t}{\partial z} \quad \ldots \ldots \ldots (43).$$

Die Grenzbedingungen sind dabei die folgenden

$$x = 0\,, \quad u = u_0 \quad \ldots \ldots \ldots (44)$$

und

$$z = 0\,, \quad t = f(x) \quad \ldots \ldots \ldots (45),$$

wenn $f(x)$ die Temperaturverteilung im Stein zu Beginn der Gasperiode ist.

Sondert man aus den Gleichungen (42) und (43) t aus, so erhält man für u die folgende Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial z} + \frac{\alpha_1}{W_1}\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\alpha_1}{w}\frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad \ldots \ldots (46).$$

Für sie gilt zunächst die Grenzbedingung (44). Die zweite erhält man, wenn man in Gl. (42) $z = 0$ setzt. Dafür wird

$$\alpha_1[u - f(x)] = -W_1\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} \quad \ldots \ldots (42a)$$

oder

$$\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x} + \frac{\alpha_1}{W_1}u - \frac{\alpha_1}{W_1}f(x) = 0 \quad \ldots \ldots (42b).$$

Die Lösung dieser Gleichung ist

$$u = e^{-\frac{\alpha_1 x}{W_1}}\left(C + \frac{\alpha_1}{W_1}\int f(x)\, e^{-\frac{\alpha_1 x}{W_1}}\,\mathrm{d}x\right) \quad . \ . \ . \ (47),$$

in der die Integrationskonstante C mittels der Gl. (44) zu bestimmen ist. Durch die Gl. (47) ist somit der Verlauf von u zur Zeit $z = 0$ gegeben, also als zweite Grenzbedingung

$$u = \varphi(x) \quad \text{für} \quad z = 0 \quad \ldots \ldots (47a).$$

Ist als Sonderfall z. B. $f(x) = \text{konstant} = t_0$, so wird nach Gl. (47)

$$\varphi(x) = t_0 + (u_0 - t_0)\, e^{-\frac{\alpha_1 x}{W_1}} \quad \ldots \ldots (47b).$$

Setzt man zur Abkürzung

$$\frac{\alpha_1}{W_1} = n \quad \text{und} \quad \frac{\alpha_1}{w} = m \quad \ldots \ldots (48),$$

so lautet Gl. (46)

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial z} + m\frac{\partial u}{\partial x} + n\frac{\partial u}{\partial z} = 0 \quad \ldots \ldots (46a).$$

Sie läßt sich mit Hilfe des Riemannschen Integrationsverfahrens integrieren. Man findet so

$$= e^{-nx-mz}\left[u_0 J_0(2i\sqrt{mnxz}) + n\int_0^x e^{n\varepsilon} f(\varepsilon)\, J_0(2i\sqrt{mnz(x-\varepsilon)})\,\mathrm{d}\varepsilon + m u_0\int_0^z e^{m\varepsilon} J_0(2i\sqrt{mnx(z-\varepsilon)})\,\mathrm{d}\varepsilon\right] \quad (49).$$

Hierin ist $J_0(x)$ die Besselsche Funktion nullter Ordnung, die für ein rein imaginäres Argument reell wird.

Um den Verlauf der Steintemperatur t zu erhalten, muß man die Gl. (49) partiell nach x differenzieren, wobei zu beachten ist, daß

$$\frac{\mathrm{d}J_0(x)}{\mathrm{d}x} = -J_1(x) \quad \ldots \ldots \ldots (50),$$

also gleich der Besselschen Funktion erster Ordnung ist. Aus der Gl. (42) ergibt sich dann die Steintemperatur zu

$$t = f(x)\, e^{-mz} - e^{-nx-mz}\left[u_0\sqrt{\frac{mz}{nx}}\, i J_1(2i\sqrt{mnxz}) + \int_0^x e^{n\varepsilon} f(\varepsilon)\sqrt{\frac{mnz}{x-\varepsilon}}\, i J_1(2i\sqrt{mnz(x-\varepsilon)})\,\mathrm{d}\varepsilon \right.$$

$$\left. + u_0\frac{m}{n}\int_0^z e^{m\varepsilon}\sqrt{\frac{mn(z-\varepsilon)}{x}}\, i J_1(2i\sqrt{mnx(z-\varepsilon)})\,\mathrm{d}\varepsilon\right] \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (51).$$

Von der Richtigkeit der beiden Ausdrücke Gl. (49) und Gl. (51) kann man sich durch Einsetzen in die Differentialgleichungen (42) und (43) leicht überzeugen. Auch die Erfüllung der Grenzbedingungen Gl. (44) und (45) ist leicht nachzuprüfen.

Fall 4. Die Wärmeleitzahl der Steine ist parallel zur Strömungsrichtung des Gases unendlich groß und senkrecht dazu von endlicher Größe.

Für die Steintemperatur gilt die Fouriersche Gleichung der Wärmeleitung

$$\frac{\partial t}{\partial z} = a^2 \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (52).$$

Sie ist unter den folgenden Grenzbedingungen zu integrieren. Zur Zeit $z = 0$ ist die Temperaturverteilung im Stein bekannt

$$z = 0, \quad t = f(y) \quad \ldots \ldots \ldots (53).$$

Da die äußere Oberfläche des Steines gegen Wärmeabgabe isoliert angenommen wurde, ist dort

$$\frac{\partial t}{\partial y} = 0 \quad \text{für} \quad y = c \quad \ldots \ldots \ldots (54).$$

An der andern Seite gilt für den Eintritt der Wärme in den Stein

$$y = 0, \quad \alpha_1 (u - t) = -\lambda \frac{\partial t}{\partial y} \quad \ldots \ldots (55)$$

und für den Wärmeübergang vom Gas an die Steinoberfläche, deren Temperatur t_w sei,

$$\alpha_1 (u - t_w) = -W_1 \frac{\partial u}{\partial x} \quad \ldots \ldots (56).$$

Streng gilt hier die Beziehung

$$\alpha_1 (u - t_w) = -W_1 \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\frac{1}{w}\right) \quad \ldots (56a),$$

worin w die Gasgeschwindigkeit ist. Der zweite Summand auf der rechten Seite kann aber wohl meist vernachlässigt werden.

Gl. (56) ergibt integriert, wenn man noch beachtet, daß $u = u_0$ für $x = 0$ sein muß,

$$u = t_w + (u_0 - t_w)\, e^{-\frac{\alpha_1}{W_1} x} \quad \ldots \ldots (57).$$

Damit läßt sich die an den Stein übergehende Wärme berechnen. Es ist

$$d^2 Q = \alpha_1 (u - t_w)\, d x\, d z \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (58)$$

oder

$$d Q = W_1 (u_0 - t_w) \left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) d z \quad \ldots (58a).$$

Mit diesem Ausdruck geht die Grenzbedingung Gl. (55) über in

$$y = 0, \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{W_1}{F}(u_0 - t_w)\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right). \quad (55a).$$

Führt man zur Abkürzung

$$+\frac{W_1}{\lambda F}\left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 F}{W_1}}\right) = b \quad \ldots \ldots (59)$$

ein, so wird für $y = 0$

$$\frac{\partial t}{\partial y} = -b (u_0 - t) \quad \ldots \ldots \ldots (55b).$$

Zur weiteren Vereinfachung der Rechnung ist es zweckmäßig, die Temperatur im Stein von der Eintrittstemperatur des Gases u_0 aus zu zählen, also zu setzen

$$T = u_0 - t \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (60).$$

Damit erhält man für die neue Unabhängigveränderliche T die folgenden Bestimmungsgleichungen:

$$\frac{\partial T}{\partial z} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad \ldots \ldots \ldots (52a),$$

$$z = 0, \quad T = u_0 - f(y) \quad \ldots \ldots (53a),$$

$$y = c, \quad \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad \ldots \ldots \ldots (54a)$$

und

$$y = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial y} = b\, T \quad \ldots \ldots \ldots (55c).$$

Der Ansatz

$$T = e^{-\beta^2 a^2 z} \sin(\beta y + \gamma) \quad \ldots \ldots (61$$

ist ein partikuläres Integral der Differentialgleichun[g] (52a). Damit die Grenzbedingung Gl. (54a) erfüllt wir[d,] muß sein

$$\beta c + \gamma = \frac{2n+1}{2}\pi \quad \ldots \ldots \ldots (6[2]$$

worin n der Reihe nach eine der Zahlen 0, 1, 2, 3, ..., [∞] sein soll. β läßt sich dann aus γ berechnen nach

$$\beta = \frac{\frac{2n+1}{2}\pi - \gamma}{c} \quad \ldots \ldots \ldots (62a$$

Die Grenzbedingung Gl. (55c) verlangt die Erfüllung d[er] Gleichung

$$b \sin\gamma = \beta \cos\gamma \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (6[3]$$

oder

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\beta}{b} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (63a$$

die durch die Verwendung von Gl. (62a) in die folgen[de] übergeht:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\frac{2n+1}{2}\pi - \gamma}{b c} \quad \ldots \ldots \ldots (63b$$

Für jeden Wert von n hat diese Gleichung unendlich vie[le] reelle Wurzeln. Es genügt hier, die im ersten Quadrant[en] liegende Wurzel zu wählen.

Es ist jetzt nur noch die Grenzbedingung na[ch] Gl. (53a) zu erfüllen, durch die die Temperaturverteilu[ng] am Anfang der Gasperiode, also zur Zeit $z = 0$ verwir[k]licht wird. Dazu ist das partikuläre Integral von Gl. (6[1]) mit einem Festwert A_n zu vervielfachen, und dann sind u[n]endlich viele solche Integrale zusammenzuzählen, der[en] Zahlenwerte n der Reihe nach die Zahlen 0, 1, 2, 3, ..., [∞] durchlaufen. Die Lösung von Gl. (52a) wird so:

$$T = \sum_{n=0,1,2,\cdots}^{\infty} A_n e^{-a^2 \beta_n^2 z} \sin(\beta_n y + \gamma_n) \quad \ldots \ldots (6[4]$$

Nach Gl. (53a) muß dann für $z = 0$ sein:

$$u_0 - f(y) = \sum_{n=0,1,2,\cdots}^{\infty} A_n \sin(\beta_n y + \gamma_n) \quad \ldots (6[5]$$

Die Festwerte A_n dieser Gleichung werden dadurch b[e]stimmt, daß man ihre beiden Seiten mit $\sin(\beta_m y + \gamma$[$_m$)] vervielfacht und zwischen den Grenzen $y = 0$ und $y =$ [c] integriert. m ist dabei eine der Zahlen 0, 1, 2, ..., [∞]. Da β_n und γ_n bzw. β_m und γ_m die Gleichungen (62a) u[nd] (63b) erfüllen, wird

$$\int_0^c \sin(\beta_n y + \gamma_n) \sin(\beta_m y + \gamma_m)\, d y = 0 \quad \text{für} \quad n \gtrless m \quad (6[6]$$

Deshalb ergibt sich der Festwert A_n aus der Gleichung

$$\int_0^c [u_0 - f(y)] \sin(\beta_n y + \gamma_n)\, d y = A_n \int_0^c \sin^2(\beta_n y + \gamma_n)\, d y \quad (6[6a]$$

Daraus folgt

$$A_n = \frac{\frac{u_0}{\beta_n}\cos\gamma_n - \int_0^c f(y)\sin(\beta_n y + \gamma_n)\, d y}{\frac{c}{2} + \frac{1}{4\beta_n}\sin 2\gamma_n} \quad (67$$

Nach Gl. (60) wird dann die Temperatur im Stein währe[nd] der Gasperiode

$$t = u_0 - \sum_{n=0,1,2,\cdots}^{\infty} A_n e^{-a^2 \beta_n^2 z} \sin(\beta_n y + \gamma_n) \quad \ldots (6[8]$$

Daraus erhält man die Temperatur des Gases na[ch] Gl. (57) zu

$$u = u_0 - \left(1 - e^{-\frac{\alpha_1 x}{W_1}}\right) \sum_{n=0,1,2,\cdots}^{\infty} A_n e^{-a^2 \beta_n^2 z} \sin\gamma_n \quad . (6[9]$$

'all 5. Die Wärmeleitzahl der Steine ist parallel zur ;asströmung null und senkrecht dazu von endlicher Größe.

Dieser Fall kommt wohl der praktischen Ausführung ım nächsten.

Für den Temperaturverlauf im Stein gilt wieder die ;leichung

$$\frac{\partial t}{\partial z} = a^2 \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \quad \text{. . . . . (52).}$$

)er Anfangszustand der Temperaturverteilung im Stein ist n diesem Falle durch eine Funktion von x und y, u. zw. ür $z = 0$ durch

$$t = f(x, y) \quad \text{. . . . . (70)}$$

;egeben. Ferner gelten dieselben Grenzbedingungen wie m vorigen Fall 4, nämlich

$$\frac{\partial t}{\partial y} = 0 \quad \text{für } y = c \quad \text{. . . . . (54)}$$

ınd für $y = 0$

$$\alpha_1 (u - t) = -\lambda \frac{\partial t}{\partial y} \quad \text{. . . . . (55)}$$

und

$$\alpha_1 (u - t) = - W_1 \frac{\partial u}{\partial x} \quad \text{. . . . . . . (56).}$$

\ußerdem ist noch

$$u = u_0 \quad \text{für } x = 0 \quad \text{. . . . . (71).}$$

Aus Gl. (55) und (56) ist zunächst die Gastempe-·atur u auszusondern. Man erhält so als Grenzbedin-;ung für $y = 0$

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x \partial y} - \frac{\alpha_1}{\lambda} \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\alpha_1}{W_1} \frac{\partial t}{\partial y} = 0 \quad \text{. . . . . (72).}$$

:s ist ferner zweckmäßig, die Steintemperatur von der Gaseintrittstemperatur u_0 aus zu zählen. Man setzt demnach wieder

$$T = u_0 - t \quad \text{. . . . . (60).}$$

Für die neue Veränderliche T gelten dann die folgenden Gleichungen

$$\frac{\partial T}{\partial z} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad \text{. . . . . (52a)}$$

$$z = 0, \quad T = u_0 - f(x, y) \quad \text{. . . . . (70a),}$$

$$y = c, \quad \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad \text{. . . . . (54a),}$$

$$y = 0, \quad \frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y} - \frac{\alpha_1}{\lambda} \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\alpha_1}{W_1} \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad \text{. (72a).}$$

Wenn man noch zur Abkürzung

$$-\frac{\alpha_1}{\lambda} = b \quad \text{. . . . . (73)}$$

und

$$\frac{\alpha_1}{W_1} = g \quad \text{. . . . (74)}$$

setzt, so kann man auch schreiben für $y = 0$:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y} + b \frac{\partial T}{\partial x} + g \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad \text{(72b).}$$

Gl. (55) gilt auch für $x = 0$; beachtet man die Gleichungen (71), (73) und (60), so erhält man als weitere Grenzbedingung für T:

$$x = 0 \text{ und } y = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial y} = b\,T \quad \text{. . . . . (75).}$$

Die Gleichungen (52 a), (70 a), (54 a), (72 b) und (75) bestimmen T eindeutig.

Es ist mir leider nicht gelungen, für dies Gleichungssystem als Lösung einen analytischen Ausdruck zu finden. Durch die Anwendung des Binder-Schmidtschen[1]) Verfahrens läßt sich aber die Aufgabe auf dem folgenden zeichnerischen Wege lösen. Man ersetzt danach die Differentialgleichung der Wärmeleitung Gl. (52) durch eine Differenzengleichung, indem man für

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial z} &= \frac{\Delta t}{\Delta z} \\ \text{und für} \quad \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{(\Delta y)^2} \end{aligned}\right\} \quad \text{. . . . . . (76)}$$

schreibt. Hierin sind Δt_1 und Δt_2 die örtlichen aufeinanderfolgenden Temperaturenzunahmen beim Fortschreiten um Δy, Abb. 2. Aus ihr entnimmt man auch leicht, daß dieser zweite Differenzenquotient sich zeichnerisch ermitteln läßt; da

$$2f = \Delta t_2 - \Delta t_1 \quad \text{. . . . . (77)}$$

ist, wird

$$\frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{(\Delta y)^2} = \frac{2f}{(\Delta y)^2} \quad \text{. . . . . . . (76a).}$$

Damit geht die Differentialgleichung (52) in die folgende Differenzengleichung über:

$$\frac{\Delta t}{\Delta z} = \frac{2a^2 f}{(\Delta y)^2} \quad \text{. . . . . (52a)}$$

oder

$$\Delta t = 2a^2 f \frac{\Delta z}{(\Delta y)^2} \quad \text{. . . . . (52b).}$$

Ist der Temperaturverlauf in der Tiefe des Steins zur Zeit z bekannt, so kann mit Gl. (52 b) der Temperaturverlauf nach der Zeit Δz berechnet werden; man braucht nur nach Annahme von Δy für jede Stelle die Strecke f aus der Abbildung des Temperaturverlaufes zur Zeit z zu entnehmen und in Gl. (52 b) einzusetzen. Dabei sind die Zuwüchse Δy und Δz frei wählbar. Wählt man

[1]) L. Binder, „Ueber Wärmeübergang auf ruhige oder bewegte Luft sowie Lüftung und Kühlung elektrischer Maschinen", 1911. E. Schmidt, „Ueber die Anwendung der Differenzenrechnung auf technische Anheiz- und Abkühlungsprobleme", A. Föppl-Festschrift 1924, S. 179.

Abb. 2. Örtlicher Temperaturverlauf im Stein

Abb. 3. Örtlicher Temperaturverlauf im Stein in gleichen Zeitabständen Δz

Abb. 4. Temperaturverlauf an der isolierten Seite des Steines

Abb. 5. Temperaturverlauf an der von den Gasen bespülten Seite des Steines

nur einen von beiden beliebig und den andern gemäß der Gleichung

$$2\,a^2\,\Delta z = (\Delta y)^2 \quad \ldots \ldots \ldots (78),$$

so wird nach Gl. (52 b)

$$\Delta t = f \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (52c).$$

Dies ergibt die aus Abb. 3 ersichtliche Konstruktion der in Zeitabständen Δz aufeinanderfolgenden Temperaturkurven 1—2—3—4—5—6—7, 2′—3′—4′—5′—6′ und 3″—4″—5″. Liegen aufeinanderfolgende Kurven zu nahe beisammen, so braucht nur Δy vergrößert zu werden, zweckentsprechend auf ein ganzzahliges Vielfaches des bisherigen Wertes. So kann schnell und genau, ausgehend von dem Temperaturverlauf zu Beginn der Periode, die Temperatur entsprechend Gl. (52) ermittelt werden.

Auch die übrigen Grenzbedingungen lassen sich zeichnerisch erfüllen. Das Verfahren zur Befriedigung der Grenzbedingung (54) ist aus Abb. 4 zu entnehmen. Ist bei A die Stelle der Wand, wo $y = c$ ist, so muß dort nach Gl. (54) die Tangente an die Kurve des Temperaturverlaufes zur y-Achse parallel verlaufen. Ersetzt man drei benachbarte Punkte einer Temperaturkurve durch eine Parabel, deren Achse der Temperaturachse parallel ist, so folgt hieraus nach einer Eigenschaft der Parabel, daß die Sehne zwischen zwei Punkten der Kurve im Abstand Δy zur Tangente des Punktes derselben parallel ist, der auf der mittleren Ordinate liegt. Die Sehnen $\overline{01}$ und $\overline{0'1'}$ sind deshalb parallel zur Tangente an den Temperaturverlauf am Ende der Wand bei A, also parallel zur Abszissenachse. Die Grenzbedingung Gl. (54) ist also durch die Konstruktion nach Abb. 4 erfüllt.

Es sind jetzt noch für den Temperaturverlauf an der andern Seite der Wand bei $y = 0$ die Bedingungsgleichungen Gl. (55) und (56) zu erfüllen. Die erste gibt die Neigung der Tangente einer Temperaturkurve an der Stelle $y = 0$ zu

$$\frac{\partial t}{\partial y} = -\frac{\alpha_1}{\lambda}(u - t) \quad \ldots \ldots \ldots (55a).$$

Für diese Grenzbedingung hat Schmidt die in Abb. 5 verwendete Konstruktion angegeben. Es werde zunächst vorausgesetzt, daß der zeitliche Verlauf der Gastemperatur u an der betrachteten Stelle x im Winderhitzer bekannt sei. In Abb. 5 sind die im Zeitintervall Δz aufeinanderfolgenden Gastemperaturen u, u' und u'' aufgetragen. Man sucht dann die Schnitte dieser Temperaturabstände mit einer Parallelen zur Ordinate im Abstand $\frac{\lambda}{\alpha_1}$ von der Steinwand bei B, also bei $y = 0$. Die Geraden $\overline{1a}$, $\overline{1'a'}$ und $\overline{1''a''}$ sind dann den Tangenten an die Temperaturkurve bei $y = 0$ parallel und erfüllen außerdem die a[…] Gl. (55 a) abgeleitete Differenzengleichung

$$\frac{\Delta t}{\Delta y} = -\frac{\alpha_1}{\lambda}(u - t_w) \quad \ldots \ldots \ldots (5[…]$$

wenn man annimmt, daß die Strecken $\overline{Bb}$, $\overline{Bb'}$ und $\overline{B}$[…] gleich den Wandtemperaturen für $y = 0$ t_w, t_w' und t[…] sind. Das ist nun nicht der Fall; denn denkt man si[…] den Temperaturverlauf ins Gebiet negativer Werte von […] verlängert, so erkennt man, daß die Punkte O, O' und […] auf den Temperaturkurven liegen. Es muß infolgedess[…] die Temperatur bei $y = 0$ außerhalb der Sehne $\overline{10}$ liege[…]

Bezeichnet man den Unterschied der Ordinaten d[…] beiden Punkte 1 und 2 mit Δ_1 und den der Punkte 1 u[…] 0 mit Δ_2, so ergibt die Anwendung der Newtonsch[…] Interpolationsformel, daß der Punkt für $y = 0$ um d[…] Betrag $\frac{1}{8}(\Delta_2 - \Delta_1)$ unterhalb des Punktes b liegt. Di[…] führt zu der in Abb. 6 dargestellten Konstrukti[…] Die Temperatur u des Gasstromes werde zunächst wied[…] als bekannt vorausgesetzt. Man zeichnet dann zue[…] den Punkt D im Abstand $\frac{\lambda}{\alpha_1}$ von der Ordinatenachse u[…] verbindet ihn mit dem Punkt 1 der Temperaturkurve, d[…] um $\frac{\Delta y}{2}$ von der Ordinatenachse entfernt liegt. Man h[…] dann den Schnittpunkt E dieser Strecke mit der um $\frac{\Delta}{}$[…] gegen die Ordinatenachse zu liegenden Ordinate […] suchen und ihn mit dem Schnittpunkt C der Kurv[…] sehne $\overline{12}$ und der Ordinate im Abstand $\frac{\lambda}{\alpha_1}$ von d[…] Achse zu verbinden.

Der Strahl CE schneidet die Ordinate in 1 im Punkt […] Man zieht dann $\overline{FG} \parallel \overline{1D}$ und $\overline{OD} \parallel \overline{1G}$ und erhält so d[…] gesuchten Punkt O. Die Strecke $\overline{BO}$ ist die gesuc[…] Wandtemperatur t_w. Zieht man noch den Strahl $\overline{1G}$, […] liegt wegen der Parallelenkonstruktion der Schnittpunkt […] um die Strecke $\overline{GD} = b$ über O. Wenn $\overline{OB} = t_w$ ist, […] deshalb für die Sehne $\overline{1H}$ Gl. (55 a) erfüllt. Dann […] aber die Strecke

$$\overline{HK} = \Delta_2 - \Delta_1 = c + g \quad \ldots \ldots (\ldots$$

Da nach Konstruktion

$$\frac{b}{c} = \frac{\frac{\lambda}{\alpha_1} + \frac{\Delta y}{2}}{\Delta y} \quad \ldots \ldots \ldots (\ldots$$

$$\frac{b}{h} = \frac{\frac{\lambda}{\alpha_1} + \frac{\Delta y}{2}}{\frac{\lambda}{\alpha_1} + \frac{3}{8}\Delta y} \quad \ldots \ldots (\ldots$$

und

$$g = 8\,h \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (\ldots$$

ist, wird

$$b = \frac{c + g}{8} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (\ldots$$

also

$$\overline{OL} = \frac{\Delta_2 - \Delta_1}{8} \quad \ldots \ldots \ldots (8[…]$$

Es sind also alle verlangten Bedingungen bei der K[…] struktion von Abb. 6 erfüllt.

Bisher war angenommen worden, daß die Gastem[…] ratur u bekannt sei. Zu ihrer Bestimmung dient Gl. (5[…] die, als Differenzengleichung geschrieben,

$$\alpha_1 (u - t_w) = -W_1 \frac{\Delta u}{\Delta x} \quad \ldots \ldots (5[…]$$

lautet. Für $x = 0$, also am Gaseintritt, ist die Gastem[…] ratur nach Gl. (71) gleich u_0 und konstant. Dafür fal[…] also die Punkte a, a' und a'' in Abb. 5 zusammen, und m[…] kann also zunächst den örtlichen und zeitlichen Tem[…] raturverlauf im Stein bei $x = 0$ nach den in den Abb[…] dungen 3 bis 6 gezeigten Verfahren bestimmen.

Abb. 6 Temperaturverlauf der Gasseite mit Berücksichtigung der Oberflächentemperatur

Abb. 7. Ermittlung des Verlaufes der Gastemperatur

Abb. 8. Genaueres Verfahren zur Bestimmung des Verlaufes der Gastemperatur

Um denselben für den Steinquerschnitt im Abstand Δx Gaseintritt ermitteln zu können, ist zunächst die dort rschende Gastemperatur u_1 zu bestimmen. Das kann n dem in Abb. 7 dargestellten Verfahren geschehen. Ist t_{w0} die nun bekannte Wandtemperatur bei $y = 0$ zur z, so zeichnet man das rechtwinklige Dreieck $0aa'$, sen Hypotenuse auf der Ordinate im Abstand Δx einen kt b abschneidet. Er ist ein Punkt des Verlaufs der temperatur zur Zeit z. Man kann so aus dem zeiten Verlauf der Wandtemperatur t_{w1} bei $x = 0$ und 0 den zeitlichen Verlauf der Gastemperatur u bei Δx ermitteln. Damit kann wieder der Temperaturauf im Stein bei $x = \Delta x$ ermittelt werden. Hieraus ält man die Wandtemperatur t_{w1} bei $y = 0$ und $x = \Delta x$. Dreieck $1bb'$ in Abb. 7 liefert dann den Punkt c und it die Gastemperatur bei $x = 2\,\Delta x$. So fortfahrend n man zeichnerisch den örtlichen und zeitlichen Verder Gas- und Steintemperatur ermitteln.

Bei dem für Abb. 7 benutzten Verfahren zur Bestimg des Temperaturverlaufes u liegen zwei aufeinanderende Punkte, z. B. b und c, auf der Tangentenrichtung einen Endpunktes, also z. B. des Punktes b. Eine sere Annäherung erhält man, wenn man wie oben betet, daß die Sehne einer Kurve angenähert parallel Tangente an einen Punkt der Kurve bei einer mittn Abszisse ist. Ist also in Abb. 8 b ein Punkt der ve des Verlaufs der Gastemperatur und $\overline{bm}$ die wie Abb. 7 ermittelte Neigung der Tangente an die Kurve Punkt b, so liegt der Punkt c im Abstand Δx nicht dieser Tangente, sondern auf der durch b gezogenen ngentenrichtung $\overline{bc}$, die zu einem Punkt im Abstand gehört. Man ermittelt also wie oben die zur Gasperatur u_m im Abstand $\frac{\Delta x}{2}$ gehörige Wandtemperatur t_{w_m}. Aus dem Dreieck mnr erhält man dann in $\overline{mr}$ die gesuchte Tangentenrichtung. Man zieht dann $\overline{bc} \parallel \overline{mr}$ und erhält so einen genaueren Punkt c der Temperaturkurve als nach dem in Abb. 7 benutzten Verfahren.

Das zeichnerische Verfahren der Integration der Differentialgleichung (52) hat den Vorteil, daß man auch Veränderungen der Wärmeübergangszahl α_1 und der Wärmeleitzahl λ an verschiedenen Stellen im Winderhitzer berücksichtigen kann.

In den drei zuletzt betrachteten Fällen war die Temperaturverteilung im Stein zu Beginn der Gasperiode gegeben. Die angegebenen Lösungen lassen sich deshalb zunächst zur Untersuchung der Anheizperiode des Winderhitzers verwenden. Will man nun die Temperaturverteilung im Beharrungszustand untersuchen, so muß man die Temperaturverteilung im Stein zu Beginn der Gasperiode schätzen und die Durchrechnung einer Periode des Winderhitzers so oft wiederholen, bis die berechnete Temperaturverteilung im Stein am Ende der Windperiode unveränderlich bleibt. Die im Beharrungszustand im Winderhitzer ausgetauschte Wärme kann entweder aus der Wärmespeicherung im Stein oder aus der Abkühlung des Gasstromes berechnet werden.

Jene liefert

$$Q_{Sp} = F\,c\,C \left[\int_0^F \int_0^c t_{z-z_1}\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}y - \int_0^F \int_0^c t_{z-0}\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}y \right] \quad (84),$$

diese gibt

$$Q_{Sp} = W_1 \int_0^{z_1} (u_0 - u_{x=F})\,\mathrm{d}z \quad . \; . \; . \; . \; . \; (85).$$

[B 1794]

Der Kabeldampfer „Neptun“

der Norddeutschen Seekabelwerke, A.-G., Nordenham, Tochtergesellschaft von Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G., Köln-Mülheim. Gebaut von Blohm & Voß, Hamburg.

Schiffskörper, Einrichtungen für den Kabeldienst, Wohnräume, Maschinenanlagen

Abb. 1. Der Kabeldampfer „Neptun“

Der im Jahre 1903 nach einem allgemeinen Entwurf von Geheimrat J. Schütte von den Vulcan-Werken, A.-G., Stettin, gebaute Doppelschrauben-Kabeldampfer „Stephan“[1]) mußte infolge des Versailler Vertrages an England ausgeliefert werden. Als Ersatz wurde im Herbst 1924 bei Blohm & Voß, Hamburg, der Kabeldampfer „Neptun“ in Auftrag gegeben, Abb. 1, der im Januar dieses Jahres von Stapel lief und im April von den Norddeutschen Seekabelwerken übernommen wurde. In Zahlentafel 1 sind die Hauptwerte des „Neptun“ denen des „Stephan“ gegenübergestellt.

[1]) Z. Bd. 47 (1903) S. 1581.

Der K.-D. „Neptun“ wurde als Volldeckschiff den Vorschriften für die höchste Klasse des Germanis Lloyd und Lloyds Register of Shipping gebaut. Im und Hinterschiff hat er Querspanten und im Mittels Längsspanten, Bauart Isherwood, erhalten. Der bei K dampfern übliche ausfallende Vorsteven ist mit drei scheiben versehen. Eine vierte befindet sich am Abb. 1 bis 4.

Acht bis zum Hauptdeck reichende Querschotte t das Schiff in neun Abteilungen, Abb. 2. An Decks vorhanden: ein durchgehendes Hauptdeck, Abb. 2 u ein gleichfalls durchgehendes Zwischendeck, Poop, A Back und Aufbauten im Mittelschiff, Abb. 2.

Abb. 2. Längsschnitt

Abb. 3. Poopdeck

Abb. 4. Hauptdeck

Abb. 5. Stauungsplan

a Bad u. W. C.
b Hospital
c Apotheke
d 2 Kabelingenieure
d_1 2 Kabelingenieure
d_2 d_3 d_4 d_5 je 1 Kabelingenieur
e Kabelmeister
f 2 Stewards
g Batterieraum
h, h_1 je 2 Löter
i Werkstatt
k Kabelvorräte
l W. C. f. Mannschaft
m Waschraum f. Kabelmatrosen
n „ „ Matrosen
o Zimmermannswerkstatt
p Schmiede
q 4 Matrosen
r Ankerwinde
s Anlegehäuschen

Zahlentafel 1

	„Neptun"	„Stephan"
…ge über alles . . . . . . m	139,4	125
…ge zwischen den Loten . „	128,0	116,05
…ßte Breite auf Spanten . „	17,4	14,63
…enhöhe bis Hauptdeck . „	10,7	7,55
…gang beladen . . . . . . „	8,309	7,49
…amte Tragfähigkeit . . . t	9490	—
…eltragfähigkeit . . . . . „	rd. 8000	5000
…chinenleistung . . . . . PSi	2700	2400
…chwindigkeit . . . . . . Kn	10,5	11,5
…atzung einschl. Kabel-…tab . . . . Köpfe	121	120
…elzellen-Durchmesser . . m	13; 14,5; 14,5; 14,5	11; 13,2; 13; 11,2
„ -Höhe . . . . . . „	7,03	6,515; 6,015; 6,315; 6,315

Einrichtungen für Kabelarbeiten

Während bei „Stephan" die Maschinen- und Kessel-…age im Mittelschiff untergebracht waren, ist sie bei …ptun" im Hinterschiff aufgestellt worden, Abb. 5. Da-… wurde es ermöglicht, die letzten drei Kabeltanks gleich …ß auszuführen, Zahlentafel 1.

Zwischen dem Zwischendeck und dem Hauptdeck sind …r den Kabelzellen zwei Längsschotte in 6 m Abstand …gebaut worden. Die Räume zwischen ihnen und der …ßenhaut dienen zum Verstauen von Geräten und als …htanks. Die Kabelzellen selbst sind innen glatt und … zwei Stellen mit Steiglöchern versehen. Um das …bel beim Auslaufen vor Beschädigungen zu schützen, … jeder Tank einen eisernen Kegel, Abb. 2, und vier …utzringe erhalten, von denen die beiden unteren ver-…llbar sind und der jeweiligen Stapelhöhe des Kabels …gepaßt werden können.

Von den Luken aus wird das Kabel durch Leitaugen …h der Trommel der auf dem Poopdeck stehenden …slegemaschine geführt, Abb. 3, von wo es über die …kscheibe *a*, Abb. 6, das Schiff verläßt. Zum Regeln … Geschwindigkeit des auslaufenden Kabels ist die …slegemaschine mit drei Band- und einer hydrau-…hen Bremse versehen; zum Aufnehmen der Kabel …r die Heckscheibe kann sie mit einer Dampfmaschine …uppelt werden.

Wird ein Kabel in größere Tiefen verlegt, so läuft …chzeitig ein dünner, straffgespannter Draht von …ßer Festigkeit mit aus, dessen Ablaufgeschwindigkeit … Maß für die Schiffsgeschwindigkeit über dem Meeres-…en ist. Die Haspeln, von denen der Draht über ein …namometer und eine Meßrolle ins Meer abläuft, stehen … der Backbordseite des Bootsdecks.

Das Auslegen des Kabels und des Meßdrahtes …d vom Kabelbureau, Abb. 3, aus geleitet, das mit …n erforderlichen Meßgeräten ausgerüstet ist.

Für Ausbesserarbeiten an Kabeln …nen die drei aus Stahlguß herge-…llten Bugscheiben. Die beiden äuße-… haben wie die Heckscheibe 3 m …rchmesser. Die mittlere ist für Tau-…k und Ketten bestimmt und hat 1 m …rchmesser. Von den beiden äußeren …scheiben führt auf Backbord und …uerbord je eine Kabelbahn über ein …namometer, eine Trommel der vor-…en Kabelwinde, Wegholzgetriebe und …taugen nach den Kabelzellen.

Die Kabelwinde steht auf dem …uptdeck, Abb. 4. Ihre Trommeln zur …ienung der beiden äußeren Bugschei-… reichen bis zum Backdeck. Zum …rieb der Winde dienen zwei kräftige …mpfmaschinen und ein Zahnradvor-…ege. Mit Hilfe des Dynamometers …d der Zug im Kabel gemessen.

Zur Ausführung der Kabelarbeiten … große Mengen von Tauwerk und …ten sowie Geräte, wie Bojen, Anker …, erforderlich; diese sind vor und neben den Kabelzellen untergebracht. Eine Zimmermannswerkstatt, eine Schmiede und ein Geräteraum liegen auf dem Hauptdeck unter der Back, um kleine Ausbesserarbeiten schnell ausführen zu können, Abb. 4.

Während aller Kabelarbeiten wird das Kabel elektrisch nachgeprüft. Hierzu dient das Prüfzimmer, Abb. 4, das mit allen für Gleich- und Wechselstrommessungen notwendigen Meßgeräten ausgerüstet ist. Daneben liegen ein Batterieraum und eine Werkstatt. Zum Anschluß der freien Enden der in den Zellen lagernden Kabelstücke an das Prüfzimmer sind Anlegehäuser, Abb. 4, vorgesehen.

Hilfsmittel für die Schiffsführung

Für den Kapitän eines Kabeldampfers ist es von großer Wichtigkeit, daß er zu jeder Zeit möglichst genau weiß, an welchem Ort er sich befindet. Er muß hierzu möglichst vollkommene Meßgeräte zur Hand haben. „Neptun" ist hierzu mit einer Kreiselkompaßanlage, bestehend aus einem Mutterkompaß auf dem Poopdeck, drei Tochterkompassen auf der Brücke und einem Kursschreiber versehen. Außerdem sind eine Funkpeilanlage und ein Entfernungsmeßgerät zur Bestimmung von Entfernungen bis zu 25 km aufgestellt worden.

Eine Echolotanlage, Bauart Behm, dient zur Feststellung der Meerestiefe vor und während der Kabellegung. Ein neuzeitlicher Röhrensender ermöglicht es dem Dampfer, auf große Entfernungen mit deutschen Stationen unmittelbar zu verkehren.

Zur Verständigung zwischen der Schiffsleitung, der Leitung der Kabelarbeiten und der Maschinenleitung sind die erforderlichen Telephonverbindungen, Maschinentelegraphen, Ruderlagen- und Drehzahlanzeiger vorgesehen. Außerdem wurden je eine Kommandostelle vorn und hinten eingerichtet, von denen aus das Schiff geleitet werden kann.

Für Arbeiten bei Nacht ist ein Scheinwerfer am Fockmast angebracht, Abb. 2.

Wohn- und Wirtschaftsräume

Mit Rücksicht auf die hohe Besatzung, die einschließlich der Vertreter von Behörden oder Telegraphengesellschaften 121 Köpfe betragen kann, hat das Schiff eine entsprechende Anzahl von Wohn- und Wirtschaftsräumen erhalten. Es befinden sich die Wohnräume des Kapitäns und der Offiziere auf dem oberen Brückendeck, die der Kabelingenieure auf dem unteren Brückendeck und der Poop, die des Maschinenpersonals auf dem Hauptdeck unter der Poop, wo auch die Steuerleute, Kabelvorleute usw. untergebracht sind, die der Heizer am Heck und die der Matrosen und Kabelmatrosen auf dem Haupt- und Zwischendeck unter der Back. Alle Kammern sind mit Mahagonimöbeln ausgestattet.

An Wirtschaftsräumen sind vorhanden: je eine Küche für Offiziere und Mannschaften, eine Bäckerei mit elek-

Abb. 6. Kabelauslegemaschine, hinteres Dynamometer und Heckrolle

trisch geheiztem Backofen und elektrisch betriebener Teigknetmaschine und zwei Anrichten. Die geräumigen Kammern für Mundvorrat befinden sich im Hinterschiff, Abb. 2. Die Kühlräume von 100 m³ Inhalt können von einer Kühlanlage bei 31 ° Seewassertemperatur im Eis- und Fleischraum ständig auf — 5 °C gehalten werden. Ein Eiserzeuger liefert Eis für die Kühlschränke der Anrichten.

Fünf Bäder für die Offiziere und sechs Waschhäuser mit Brausen für die Mannschaft sind vorhanden. Die Frischwassermenge ist so bemessen, daß gelegentlich auch Wasser für Bäder und Brausen benutzt werden kann. Ein Krankenraum mit zwei Betten, Apotheke und W.-C. liegt auf dem Poopdeck, Abb. 3. Ein Arzt ist bei jeder Kabelreise an Bord.

Ausrüstung

An Booten sind vorhanden: eine Motorbarkasse von 11 m Länge für den Verkehr mit dem Lande, ein Motorarbeitsboot für die Arbeiten an den Bojen auf See, zwei kräftige Kabelboote zum Landen des Kabels auf flachem Wasser und zwei Rettungsboote.

Die freien Decks sind für Arbeiten in den Tropen mit Sonnensegeln ausgerüstet. Um die Back für Kabelarbeiten freizuhalten, wurde die Ankerwinde auf dem Hauptdeck aufgestellt, Abb. 4.

Zwei Spille vorn und hinten dienen zum Verholen des Dampfers. Zwei Backwinden am Fock- und eine am Großmast von 5 t Zugkraft dienen zur Übernahme des Kabelgeschirrs und zum Aussetzen und Aufnehmen der Bojen. Schließlich sind noch eine Winde für die Übernahme des Mundvorrates und eine Bootswinde vorhanden.

Um die elektrischen Messungen an den Kabeln nicht zu beeinflussen, sind sämtliche Leitungen zweipolig ausgeführt und sorgfältig isoliert worden. Zur Nachprüfung der Isolation kann jeder Stromkreis an einen Erdschlußmesser angeschlossen werden. Für Arbeiten bei Nacht sind überall, wo erforderlich, Steckdosen angeordnet und hochkerzige Lampen vorgesehen worden.

Zum Überschießen von Kabeln von einem in einen andern Tank dienen Kabelüberschießmaschinen, die aus einer besonderen 15 kW-Leitung Strom erhalten, über die der Dampfer auch von Land im Hafen Strom erhalten kann.

Hauptmaschinen und Kessel

Die beiden Dreifach-Expansionsmaschinen, Ab leisten bei 75 Uml./min 2700 PS; sie sind mit 540, 1500 mm Zyl.-Dmr. und 1000 mm Hub ausgeführt; Dampfdruck beträgt 15 at und die Überhitzung 300 °C die Hauptmaschine sind je eine Luftpumpe, Bilgep Klosettpumpe und Badepumpe angehängt, die Schwinghebel angetrieben werden. Im Maschinen sind ferner eine Zirkulationspumpe, zwei Wei Speisepumpen, zwei Ballastpumpen, die eine von 150 die andre von 90 m³/h Leistung, eine Kühlanlage, Stromerzeuger von 30 kW Leistung, ein Gebläse fü Kessel, ein Ölkochapparat und ein Abdampfverda von 20 t Leistung am Tage aufgestellt.

Der Abdampf der Hauptmaschinen wird über Ölabscheider einem Oberflächenkondensator von 3 Kühlfläche zugeleitet. Der Abdampf aller Hilfsmasch und der Heizung wird in einem Hilfskondensator nied schlagen. Das Kondensat gelangt über den Speisewa reiniger in den Vorwärmer, wo es auf 95 °C vorgew wird. Danach wird es den Kesseln wieder zugeführt. Einender-Zylinderkessel, Abb. 5, haben zusammen 7 Heiz- und 17,7 m² Rostfläche. Einer der beiden K raumlüfter dient zur Aschenbeförderung.

Vor dem Kesselraum liegt der Bunker, der Kohle 10 000 Sm Fahrtbereich faßt.

Hervorzuheben ist noch, daß der Dampfer von Generaldirektor Dr.-Ing. Zapf von Felte Guilleaume, Carlswerk, A.-G., in Köln-Mülheim gestellten neuen Schiffstyp darstellt, der außer für K arbeiten auch für die Verfrachtung flüssiger Ladung z. B. Öle aller Art, verwendet werden kann. Seine herige Tätigkeit auf beiden Gebieten hat den Nach erbracht, daß er sich für beide Zwecke in jeder Hin eignet und ohne Zeitverlust für den einen oder a benutzt werden kann. Ein großer Vorteil dieser B ist, daß sie im Gegensatz zur bisherigen Bauart g Kabeldampfer gestattet, nach dem Leerwerden der zelnen Kabeltanks während des Legens diese mit W aufzufüllen und so dem Schiff bessere Seeigenschafte geben, und zwar kann dies auf offener See und selbs einigem Seegang erfolgen. [B 251

Abb. 1. Motorschiff „Richard Ohlrogge“ für die Hochseefischerei

Hochseefischerei-Motorschiff „Richard Ohlrogge“

Die Schiffbaugesellschaft Unterweser, A.-G., in Wesermünde-Lohe hat im Jahre 1925 das Hochseefischerei-Motorschiff „Richard Ohlrogge“ für die Cuxhavener Hochseefischerei A.-G., Cuxhaven, gebaut, Abb. 1, das sich seit der Indienststellung im September 1925 so bewährt hat, daß ein weiteres Schiff gleicher Bauart in Auftrag gegeben wurde. „Richard Ohlrogge“ hat 44,5 m Länge über alles, 41,2 m Länge zwischen den Loten, 7,3 m Breite, 4,15 m Seitenhöhe bis zum Achterdeck, 3,9 m bis zum Hauptdeck, 3,6 m mittleren Tiefgang, 248 B.-R.-T. Raumgehalt, 560 t Verdrängung und 240 t Tragfähigkeit. Mit 400 PS_e Maschinenleistung werden 11 Kn Geschwindigkeit erreicht. Der Brennstoff reicht für 45 Tage.

Das Schiff ist als Quarterdecker Turtelback gebaut worden und hat Querschotte erhalten. Die erste Abtei vor dem Kollisionsschott dient als Kabel in der zweiten befindet sich der Mannsch raum, die dritte ist der Fischraum, in vierten sind die Hauptmaschine, die Ölze Hilfsmaschinen und ein Hilfskessel für T kocherei untergebracht. In der fünften finden sich die Räume des Kapitäns ersten Maschinisten, eine Anrichte und Kajüte mit vier Kojen. Darunter liegt Trimmtank. In der letzten Abteilung der Mundvorrat untergebracht.

Auf dem Quarterdeck sind in einem räumigen Aufbau zwei Trankochapp zum Auskochen der Fischleber aufges Dahinter befindet sich die Küche. Über Aufbau liegen die Kommandobrücke und F.-T.-Raum.

Für Fischereizwecke ist eine elekt betriebene Fischnetzwinde auf dem Quarterdeck vor Kommandobrücke aufgestellt, die gleichzeitig als An winde dient.

Die Hauptmaschine ist ein umsteuerbarer, kreuzk loser MAN-Dieselmotor von 425 mm Zyl.-Dmr. und 600 Hub, der bei 135 Uml./min 400 PS_e leistet und Tauchko erhalten hat. Der Bedienungsstand liegt vor dem stufigen Kompressor. Schmieröl-, Kühl- und Lenzpu sind an die Hauptmaschine angebaut.

An Hilfsmaschinen sind vorhanden: zwei Dieselmoto ein dreizylindriger, der mit einem Stromerzeuger fest kuppelt ist und auch einen auskuppelbaren Hilfskompre antreibt, und ein Einzylinder-Motor, dessen Strom für Li und Heizzwecke ausreicht; ferner verschiedene Pumpen

Zum Heizen der Wohnräume dient ein Dampfkessel 2,5 at Druck, der durch die Motorabgase geheizt wird. [M 263

CHRONIK 1926

(Fortsetzung von S. 66)

Fabrikbetrieb und Fabrikorganisation

Allgemeines Die im Jahre 1925 begonnenen Arbeiten wurden im Berichtjahre kräftig, wenn ich wiederum nach außen hin wenig erkennbar, fortgesetzt. Während anscheinend der immer weiter um sich greifende Gedanke der Bildung großer und größter Konzerne das Denken und Schaffen aller leitenden Persönlichkeiten der deutschen Industrie in Anspruch nahm, ging noch unter dieser Decke die Arbeit der Rationalisierung der eigentlichen Betriebe unaufhaltsam ihren Gang: an Stelle des zunächst unter diesem Schlagwort vielfach vorhandenen Personen- und Anlagenabbaues trat die Umsetzung der Gedanken richtiger Menschenwirtschaft in die Praxis, der Verbesserung der Rohstoffabnahme auf Grund neuester Erfahrungen über den Aufbau der Materie, der folgerichtigen Trennung der Arbeitsvorbereitung und Plangsarbeit von der Arbeitsausführung selbst. Immer mehr wurde auch der Zusammenhang des gesamten Abrechnungswesens als Spiegel des Geschehens im Werke mit einer planmäßigen, wirtschaftlich richtig eingestellten Durcharbeitung aller Vorgänge in den industriellen Unternehmungen erkannt. Wenn aus dem allen auch keineswegs die letzten Folgerungen gezogen sind und an vielen Stellen noch über starke Rückständigkeit in großen Teilen der Industrie geklagt werden muß, so hat doch die Not der Zeit auch hier beten gelehrt", und manche erfreulichen Anfänge lassen hoffnungsvoll in die Zukunft sehen.

Gemeinschaftsarbeit Noch mehr als vorher finden alle diese Bestrebungen eine Förderung durch die sich immer lebhafter gestaltende Gemeinschaftsarbeit, wie sie durch den Deutschen Normenausschuß, die Ausschüsse für wirtschaftliche Fertigung und wirtschaftliche Verwaltung und die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure gekennzeichnet wird. Namentlich die letztgenannte hat durch ihre nun schon zur ständigen Einrichtung gewordene Betriebstechnische Tagung während der Leipziger Frühjahrsmesse und ihre Herbsttagung in Stuttgart anregend gewirkt, und in den weiter sich großen Interesses erfreuenden Kursen des Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung ist erneut in vielen deutschen Städten eine Vertiefung betriebswissenschaftlicher Kenntnisse in den Reihen unserer Betriebsangestellten herbeigeführt worden. So werden die Vorbedingungen geschaffen, die das Eindringen neuzeitlicher Arbeitsverfahren in die Betriebe ohne allzu große Reibungen ermöglichen.

Fließarbeit Ebenso wie man seinerzeit mit der mechanischen Auffassung des Organisationsgedankens gebrochen hatte, bei der das Mittel, der Vordruck, das Symbol, die Büromaschine usw. mit dem Wesen, dem möglichst reibungslosen Ineinandergreifen der Arbeit aller in einem Unternehmen tätigen Menschen, verwechselt wurde, erfaßte man mehr und mehr die große Bedeutung der Fließarbeit, in dem man, von dem eigentlichen bewegten Förderband abgehend, das man nur als ein in manchen Fällen günstiges Mittel zu betrachten hat, das Hauptgewicht auf das Fließen selbst legte, auf die ununterbrochene Bewegung der Stoffe durch das Werk, die ungehemmte Arbeit der Menschen und Maschinen, die Verringerung der Vorräte und somit auf die Verkleinerung des Betriebskapitals oder die Vergrößerung der Kapitalumschlagzahl. Daß dabei die Anordnung der Betriebe vielfach durchgreifend umgestaltet werden mußte, daß oft an die Stelle der Werkstätten mit gleichen Maschinen- oder Handwerksarten: Dreherei, Bohrerei, Schlosserei usw. solche traten, die allein durch den Ablauf der Fertigung der Erzeugnisse ihr Gepräge erhielten, soll nicht unerwähnt bleiben, da es vielfach als äußeres sichtbares Zeichen der geschilderten Entwicklung dem Beschauer moderner Fabriken entgegentritt.

Literatur Wie stets in Zeiten wirtschaftlichen Tiefstandes, namentlich aber dann, wenn sich wie im Jahre 1926 die ersten Zeichen einer Konjunkturbesserung erkennen lassen, war die literarische Ausbeute zum mindesten mengenmäßig überaus reich, und zwar auf allen Gebieten betriebswissenschaftlicher Erkenntnis. Hier nur einige Beispiele: Auf dem wichtigen Gebiete der spanhebenden Formung das bedeutungsvolle Werk von Klopstock[1]) „Untersuchung der Dreharbeit" und das Sonderheft des „Maschinenbau" „Zerspanung"; als Einleitung für ein immer wichtiger werdendes Gebiet: Litz „Spanlose Formung" in Band IV der Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure. Über neuere Versuche auf arbeitstechnischem Gebiete und damit zusammenhängende Fragen berichten Band III und IV der „Arbeiten des Lehrstuhles für Betriebswissenschaften in Dresden"; grundlegende Erörterungen über Fließarbeit finden sich in dem von Kienzle und Mäckbach im Auftrage des AWF herausgegebenen Buche gleichen Titels[2]). Unter „Wirtschaftliches Verpacken"[2]) behandelt Sachsenberg eine bedeutungsvolle, nur zu oft nicht genügend beachtete Frage. Von der allzu reichen Amerika-Literatur heben sich vorteilhaft ab, da den Gründen amerikanischer Überlegenheit ernsthaft nachgehend, das Buch von Müller „Soziale und technische Wirtschaftsführung in Amerika" und Hirsch „Das amerikanische Wirtschaftswunder". Stark ist vor allem auch das Gebiet der Arbeitzeitermittlung und alles dessen, was dazu gehört, in Angriff genommen. Hier seien neben den zahllosen Aufsätzen in Zeitschriften nur die beiden neuen Refamappen genannt: „Ergänzungsmappe für spanabhebende Formung" und „Mappe für Gießereiwesen", ferner Beck, „Stückzeitermittlung an Holzbearbeitungsmaschinen"[2]) und Kummer, „Zeitstudien bei Einzelfertigung". Schließlich sei noch das kleine, aber wertvolle Werk von Dinse „Soll und Haben als Grundlage kurzfristiger Erfolgsrechnung"[2]) erwähnt, das dem Ingenieur in leicht faßlicher Form das ihm leider so oft fehlende Verständnis für doppelte Buchhaltung vermittelt.

[C 2731] Fr. Meyenberg

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 215 u. f.

[2]) Berlin 1926, VDI-Verlag.

Gießereiwesen

Allgemeines Das Gießereigewerbe hatte im Berichtjahr ganz besonders unter der schlechten wirtschaftlichen Lage zu leiden. Eine Besserung trat erst im letzten Viertel 1926 ein. Leider zeigte sie sich aber nicht im ganzen Reich gleichmäßig. Besonders die Gießereien in den Küstenländern haben auch heute noch infolge der matten Beschäftigung der Schiffbauindustrie teilweise schwer um ihr Bestehen zu kämpfen.

Als bedeutungsvolle Ereignisse verdienen die beiden internationalen Fachtagungen in London im Juni und in Detroit im September hervorgehoben zu werden. Beide waren mit beachtenswerten Ausstellungen verbunden und boten zum erstenmal nach dem Kriege den deutschen Fachgenossen Gelegenheit, die in den letzten zwölf Jahren im Auslande gemachten Fortschritte an Ort und Stelle kennen zu lernen und zu sehen, in welcher Richtung die deutschen Gießereien arbeiten müssen, um ihre Wettbewerbfähigkeit auf dem Weltmarkt wiederzugewinnen. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß in beiden Fällen die Aufnahme sehr entgegenkommend, ja herzlich war, ein Beweis dafür, daß die wissenschaftliche Arbeit Deutschlands allmählich beginnt, sich auch im Ausland wieder durchzusetzen, und den früher selbstverständlichen Gedanken der Notwendigkeit des gegenseitigen Erfahrungsaustausches unter den Industrievölkern der Erde von neuem in Erscheinung treten läßt.

Heiz- und Schmelzstoffe Durch Verwendung einer Kohlenstaub-Zusatzfeuerung beim Kuppelofen gelang es, nicht unerheblich an teurem Satzkoks zu sparen und die Wärmebilanz des Ofens zu verbessern. Der elektrische Strom als ideale Wärmequelle kann erst in nennenswertem Umfang für die Gießereien in Frage kommen, wenn die Elektrizitätswerke in der Lage oder gewillt sind, die Kilowattstunde zu einem wesentlich niedrigeren Preise, der höchstens 4 ₰ betragen dürfte, an ihre Verbraucher abzugeben. Scheinbar ist dies zur Zeit noch nicht durchzuführen, wohl in erster Linie aus steuertechnischen Gründen, da die großen Elektrizitätswerke ausnahmslos gemischtwirtschaftliche Betriebe sind, in denen die öffentliche Hand die Kapitalmehrheit hat. Bedeutungsvoll sind die Erfolge bei der neuen Führung der Leuchtgas-Gewinnungsverfahren in den Gasanstalten großer Städte, die einen porösen und festen Koks liefern, der sich auch für Schmelzzwecke gut eignet und billiger ist als Zechenkoks.

Sehr beachtlich waren die Ausführungen, die Altmeister Wüst auf dem letzten Eisenhüttentag in Düsseldorf über unmittelbare Gewinnung von Roheisen aus Erzen machte. Ein Erfolg, dessen praktische Bedeutung für den Gießereischmelzbetrieb gar nicht hoch genug bewertet werden kann, würde es schon sein, wenn es gelänge, einen Eisenschwamm in großen Mengen preiswert zu erzeugen, der, mit entsprechenden Gußbruchmengen gattiert, einen vorzüglichen Schmelzstoff ergeben und die Ofenführung sehr vereinfachen würde.

Schmelzanlagen Die wissenschaftliche Untersuchung des Kuppelofens zeitigt fortgesetzt weitere Erfolge, besonders in der Richtung starker Überhitzung des Gußeisens im Ofen über 1500 °C, um durch sie eine größtmögliche Dispersion des Graphits zu erreichen. Nomogramme zur Berechnung von Kuppelofenmischungen wurden aufgestellt und eine rechnerische Erfassung der Kuppelofenvorgänge bekanntgegeben. Erwähnung verdient ein Duplexverfahren zur Herstellung hochwertigen Gußeisens, das in einer Vereinigung von einem Kuppelofen zum Schmelzen des Roheisens mit einem Elektroofen zum Feinen dieser Schmelze besteht[1]). Auch die Erzeugung von synthetischem Grauguß im Elektroofen hat Erfolg gehabt.

Den Schürmann-Ofen hat man in den Vereinigten Staaten von Amerika verändert, indem man die Gichtgase etwa 600 mm unter dem Schachtrande abzog und sie unter geringem Luftzusatz in einer besonderen Kammer, die in dem Unterteil des Winderhitzers eingebaut ist, verbrannte. Durch Löcher des Kammergewölbes treten die hier erzeugten Verbrennungsgase in die Erhitzerrohre und bringen sie auf eine Temperatur von 540 °C. Der Gebläsewind umspielt diese Rohre, wärmt sich dort an und gelangt mit 200 bis 250 ° in den Ofenschacht, ein periodisches Umschalten ist nicht notwendig. Die Koksersparnis soll rd. 20 vH betragen bei einem lichten Schachtdurchmesser von 1830 mm. Die Richtigkeit dieser Behauptung läßt sich aus der Veröffentlichung allerdings nicht nachprüfen.

Viel Aufsehen hat der Kuppelofen mit Rüttelherd gemacht[2]). Ein andres Verfahren zur Erzeugung hochwertigen Graugusses hat Corsalli angegeben. Neben dem Hauptschacht des Kuppelofens stellt er ein rohrartiges Zusatzschmelzgerät auf, das, von der Schmelzzone ausgehend, in den Schornstein des Hauptschachtes mündet und an jeden Ofen, gleichgültig ob mit oder ohne Vorherd, angebaut werden kann. In diesem Gerät werden die Zusätze, z. B. Ferrolegierungen, von der Gichtbühne aus durch eine Klappe in Faustgröße in denselben Abständen, in denen man die Gicht in den Hauptschacht aufgibt, hineingeworfen, gegebenenfalls unter Zugabe von etwas Holzkohle. Diese schmelzen unten beim Eintritt in die Schmelzzone sehr schnell und mischen sich mit dem Schmelzgut. Im praktischen Betriebe wurden Zerreißfestigkeiten von rd. 35 bis 40 kg/mm² und Biegungsfestigkeiten von einigen 60 kg/mm² bei etwa 10 mm Durchbiegung erreicht; die Gußstücke ließen sich gut bearbeiten.

Der Wüst-Ofen[3]) wurde entsprechend den inzwischen in der Praxis gemachten Erfahrungen weiter verbessert.

Besondere Gußarten Große Fortschritte machte die Erzeugung von Grauguß hoher Festigkeit auf Grund der wissenschaftlichen Untersuchungen der Voraussetzungen für eine solche. Ein perlitisches Gefüge in Verbindung mit möglichst gleichmäßiger und feiner Verteilung des Graphits ist die Voraussetzung dazu; man muß entsprechend gattieren, um dieses Gefüge zu erreichen, und den Ofen im Hinblick auf eine möglichst hohe Temperatur führen. Die Verfahren von Lanz, Emmel, Luyken-Rein[4]) usw. haben ganz erhebliche Verbreitung gefunden, und weitere Patente ähnlicher Art sind angemeldet, wobei die Frage aufgeworfen werden muß, ob es zulässig sei, daß dem ein Patent erteilt werde, der eine der Praxis schon längst empirisch bekannte Tatsache wissenschaftlich ergründet und erklärt. Eine solche Einstellung des Patentamtes müßte, falls sie beibehalten wird, zu einem erheblichen Hemmnis des Fortschrittes im Gießereibetriebe führen.

Auch das Schleudergußverfahren zum Herstellen gußeiserner Rohre hat man im vergangenen Jahre wesentlich verbessert, besonders hinsichtlich der Lagerung und Kühlung der Gießkokille, der Bewegung und Gestaltung der Gießrinne und der Verwendung des Kipptroges, durch den das flüssige Eisen aus der Pfanne in die Gießrinne geleitet wird. Durchschnittlich kann eine einzige Schleudergußanlage in rd. 1 min ein Rohr von 2,5 m Länge und entsprechendem Durchmesser fertig liefern, das ist ein Vielfaches der Leistungsfähigkeit des bisher in den Röhrengießereien üblichen alten Verfahrens mit Verwendung von Rohrform-Stampfmaschinen.

Formverfahren Druckluft verwendet man neuerdings als Kraftmittel auch bei Formpressen in Deutschland, da sie gegenüber dem Druckwasser erhebliche Vorzüge für diesen Zweck hat und man die Expansionsgefahr beim Abheben durch Zwischenschalten von Ölpuffern beseitigen kann. Einige beachtenswerte Preßrüttler erschienen neu auf dem Markt. Die Einführung beweglicher Formpressen namentlich in Verbindung mit Abschlagformkästen, die nach dem Absetzen der gepreßten Form abgenommen werden, worauf im Sandblock gegossen wird, macht Fortschritte. Ein neuartiger Abziehformkasten mit ausdreh baren Sandleisten besteht aus einem geschlossenen Rahme mit etwas geneigten Wänden aus hartem Leichtmetall un wird nach Absetzen der Form nach oben vom Sandbloc abgezogen. Man kann ihn wie jeden andern normalen Form kasten zur Herstellung von Formen mit Maschine oder vo Hand verwenden. Der Abziehformkasten ist sehr dauerhaf und erspart erheblich an Herstellungskosten für Gußstück bis zu 25 kg Gewicht.

Trocknen der Formen Auf das vom Verein Deutscher Eisen gießereien veranstaltete Preisausschrei ben über Formtrockeneinrichtungen sin fünf Preisarbeiten eingegangen, die bedeutungsvolle Auf klärungen über Bauart und Wärmewirtschaft der verschie denen Kammern, festen und beweglichen Vorrichtungen zun Trocknen der Formen gebracht und die Möglichkeit ge schaffen haben, Beheizung und Gestaltung der Trockenvor richtungen mit Rücksicht auf sparsame Ausnutzung de Wärmequellen vorzunehmen.

Putzerei Das in Amerika aufgekommene Putzen vo schweren Gußstücken mit Druckwasser[5]) ha man bereits in einer deutschen Gießerei erfolgreich ein geführt, so daß man in nächster Zeit auch in unsern Gie ßereien das neue Putzverfahren in größerem Umfang an wenden dürfte.

Fertigung In einigen kleineren Gießereien hat man di Fließarbeit durchgeführt. Die Verhältniss für die in großem Ausmaß in den Gießereien der Vereinig ten Staaten von Amerika angewendete Bandarbeit liege allerdings bei uns wesentlich ungünstiger insofern, als di großen Mengen gleicher oder wenigstens ähnlicher Guß stücke heute für deutsche Gießereien noch nicht annäherr in dem Umfang in Frage kommen, wie es der Fall sei müßte, wenn sich die teuren Förder- und sonstigen maschi nellen Einrichtungen bezahlt machen sollen. Immerhin wir man aber zu einer Teilmechanisierung übergehen müsser wenn man bei hohen Löhnen, mit denen sicher zu rechne ist, und Achtstundenschicht die Erzeugungsziffer des ein zelnen Arbeiters entsprechend steigern will, damit di Selbstkosten niedrig bleiben.

Normung Die Normen werden auch im Gießereiwese weiterentwickelt. In Angriff genomme wurde die Normung von Modellen und Zubehör sowi Bronze, Rotguß und Gußeisen als Werkstoff.

Kalkulation Von besonderer Wichtigkeit für die Schaf fung von einwandfreien Grundlagen zu rechnerischen Erfassung der Kalkulation der Gießereierzeug nisse sind die vom Verein Deutscher Eisengießereien, Gie ßereiverband, in enger Verbindung mit dem Refa geschaf fenen, kürzlich im Druck erschienenen Refa-Blätter übe den Aufbau der Stücklöhne auf Grund von Zeitstudien i der Gießerei. Die Arbeiten bestehen in einer Zergliederung der einzelnen Arbeitsvorgänge nach Arbeitstudien und ge nauen Zeitaufnahmen, die unter Berücksichtigung eines er fahrungsmäßigen Ermüdungszuschlags eine sichere Unter lage für die Festsetzung eines Zeitstücklohnes bieten.

Prüfung Die Beziehungen zwischen den mechanische Eigenschaften untereinander und zur Analys des Graugusses wurden untersucht, das Verhalten von Guß eisen im Heißdampf geprüft und die Bedeutung der Kerb schlagprüfung für die mechanische Gußeisenprüfung fest gelegt.

Formgebung Auf Veranlassung des Vereines Deutsche Eisengießereien, Gießereiverband, wurden Konstruktionsregeln für Gußstücke gesammelt und unte der Mitarbeit erfahrener Praktiker herausgegeben. Sie bieten dem Konstrukteur eine wertvolle Unterstützung beim form- und gießgerechten Entwerfen und erleichtern dem Gießereileiter seine Arbeit wesentlich. Abgesehen davon werden durch sie zeitraubende Rückfragen und Kosten für unnötige Erschwerung der Form- und Gießereiarbeit vermieden. [C 2710] Lohse

Feinmechanik

Ausfuhr Die Ausfuhr an feinmechanischen Erzeugnissen betrug in den ersten neun Monaten des Jahres 1926 rd. 320 Mill. ℳ gegenüber 364 Mill. ℳ in demselben Zeitraum des Jahres 1925; es liegt also eine Abnahme um 12 vH vor. (Zum Vergleich sei erwähnt, daß die Ausfuhr an Erzeugnissen der Maschinenindustrie in derselben Zeit von 557 auf 572 Mill. ℳ, also um etwa 3 vH zunahm). Die Ausfuhrabnahme in der Feinmechanik betrug bei Uhren und Metallfadenlampen etwa 30 vH, bei Motorfahrrädern und Fahrrädern etwa 22 vH und bei Geräten des drahtlosen Fernmelde- und Fernsprechwesens etwa 17 vH.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 365. [2]) Z. S. 1044. [3]) Z. S. 387. [4]) Z. S. 337.

[5]) Z. S. 239.

Werkstoffe Genormte Metallbleche werden erfreulicherweise immer mehr angewendet, sowohl was Tafelgröße als auch die Zusammensetzung betrifft. Für Tiefziehzwecke geht man bei Eisenblechen vielfach zu kaltgewalztem Bandeisen wegen seiner größeren Genauigkeit und besseren Ziehfähigkeit über. Dort, wo man eine besondere Vorbehandlung der Oberfläche sparen und die Bleche unmittelbar lackieren will, verwendet man mehr und mehr sogenannten Karosseriebleche. Bei der Schraubenfertigung ist in weitgehendem Maß das gezogene Puddel- und Schweißeisen durch ein stark schwefelhaltiges Flußeisen ersetzt worden, dessen Bearbeitbarkeit günstiger ist und das auch sauberere Teile ohne Risse liefert. Die Anwendung der Leichtmetalle nimmt bei Gußteilen und bei Stanzen und Blechen stetig zu. In der Uhrenfertigung allerdings konnten sich die Leichtmetalle nicht durchsetzen. Der Ausschuß für Spritzgußlegierungen bei der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde hat seine vor mehreren Jahren aufgenommenen Untersuchungen an Zinkspritzguß-Legierungen abgeschlossen[1]). Näheres über Spritzguß berichtet Frommer[2]). Bei den Isolierpreßmassen ist eine allgemeine Verbesserung der Eigenschaften festzustellen, die auf die Überwachung der Fabrikate durch das Materialprüfamt zurückzuführen ist. Dies hat zur Folge, daß man neuerdings vielfach Geräte, Gehäuse und dergleichen, die man bis dahin aus Blech oder Holz gefertigt hat, aus Isolierstoff preßt.

Normung Die Normung in der Feinmechanik machte gute Fortschritte. Es wurden genormt: kleine ...ete, einzelne Teile von Schreibmaschinen und photographischen Apparaten, einzelne Abmessungen von stereoskopischen Geräten, Teile und einzelne Abmessungen von kinotechnischen Geräten[3]), Papiere für schreibende Meßgeräte, handelsübliche Teile von Rundfunkgeräten und Teile für elektrische Fernmeldegeräte. Über die Normung im Uhrengewerbe gibt der Hinweis auf das Schrifttum Aufschluß[4]). Neue Normenausschüsse wurden für die Fernmeldetechnik[5]) und für das Krankenhauswesen[6]) errichtet. An dem letzten ist die Feinmechanik interessiert, soweit Instrumente, elektromedizinische und wissenschaftliche Geräte in Betracht kommen.

Fertigung Die Rationalisierungsbestrebungen haben allgemein zur Vereinfachung der Bauprogramme geführt, und die Fließarbeit ist bei den wichtigsten Erzeugnissen eingeführt worden. Durch Zusammenschluß gleichartiger Fabriken hofft man die Typisierung weiter fördern zu können, z. B. die von photographischen Kameras durch den unter Führung von Zeiß bereits erfolgten Zusammenschluß der Firmen C. P. Goerz A.-G., Ica A.-G., Ernemann-Werke A.-G. und Contessa-Nettel A.-G., und die von Uhren durch den geplanten Zusammenschluß der größten Uhrenfabriken. Über „Fertigungsarten der Massenherstellung in der Feinmechanik" berichtete Dr.-Ing. Hoffmeister gelegentlich der Betriebstechnischen Tagung bei der Hauptversammlung des V. d. I. in Hamburg[7]).

Ausbildung Die vom Verein „Fachschule für feinmechanische Technik" in Gemeinschaft mit der Stadt Berlin errichtete Oberabteilung der Gauß-Schule in Berlin ist als höhere Fachschule mit entsprechenden Berechtigungen staatlich anerkannt worden. Eine feinmechanische Abteilung wurde ferner an der höheren Maschinenbauschule zu Leipzig errichtet, und die Angliederung einer gleichen Abteilung an die höhere Maschinenbauschule zu Eßlingen wird geplant. Die Ausbildungsmöglichkeiten in der Feinmechanik an den Technischen Hochschulen Berlin und Stuttgart wurden erweitert. Zur Frage „Massenfertigung und Schulungswesen" hat auch der Vorstandsrat des Vereines deutscher Ingenieure in Hamburg Stellung genommen[8]). Weitere Aufsätze zur Frage der Ausbildung sind ebenfalls im Literaturhinweis angegeben[9]).

[C 2676] Richter

[1]) Vergl. „Zeitschrift für Metallkunde" Bd. 18 (1926) S. 359.

[2]) „Werkstattstechnik" Bd. 20 (1926) S. 99.

[3]) Vergl. M. Flinker, Ueber den Stand der Normung in der kinotechnischen Industrie des In- und Auslandes, „Kinotechnik" Bd. 7 (1925) Heft 12; ders., Beschlüsse der Sektion „Kinotechnik" des Internationalen Photographischen Kongresses, Paris 1925, „Kinotechnik" Bd. 7 (1925) Heft 15.

[4]) Vergl. Dr. K. Giebel, Die Normung im Uhrengewerbe, Verlag der deutschen Uhrmacherzeitung, Berlin.

[5]) ETZ Bd. 47 (1926) S. 106.

[6]) Zeitschrift für das gesamte Krankenhauswesen 1926 Heft 17.

[7]) „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 777 u. 835; ein größerer Auszug erscheint in einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift.

[8]) VDI-Nachrichten Nr. 29 vom 21. Juli 1926.

[9]) Vergl. Feinmechanik, Massenfertigung und Schulungswesen, Das Industrieblatt" Nr. 14 vom 8. April 1926, Stuttgart, ferner: Feinmechanische Technik als Lehrfach an den Technischen Hochschulen, Zeitschrift für Feinmechanik und Präzision" Bd. 34 (1926) S. 218.

Glastechnik

Optisches Glas Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Gläser wurden je nach ihrer Zusammensetzung weiter erforscht und geklärt. Bemerkenswert sind die Ansprüche, die die Astronomie an das Ausmaß des optischen Glases stellt. Nachdem bereits vor längerer Zeit in Amerika ein Teleskopspiegel mit 2,50 m Durchmesser aufgestellt wurde, spricht man jetzt ernstlich vom Bau eines 7,50 m-Spiegels. Für die in Deutschland bereits seit langem bekannten ultraviolett-durchlässigen Gläser werben in neuerer Zeit England und Amerika, während hinsichtlich ultrarot- und ultraviolett-undurchlässiger Gläser eine ruhigere Auffassung Platz gegriffen hat. Die organischen (sog. unzerbrechlichen) „Gläser" scheinen noch keine starke Verwendung gefunden zu haben.

Spiegelglas Für das Jahr 1926 ist in der Spiegelglastechnik mehr die Erprobung jüngst eingeführter Verfahren und das Auftauchen bedeutsamer Entwürfe als die Einführung neuer praktischer Verfahren zu verzeichnen. Das Walzverfahren von Max Bicheroux, Herzogenrath, (Ausgießen eines ganzen Schmelzhafens in ein Walzwerk mit kippbarem und für mehrere nebeneinanderliegende Walzstrecken gemeinsamem Ausgießtisch) hat sich bewährt und Lizenznehmer auch im Auslande gefunden. Es ermöglicht die Herstellung von dünnem Rohglas.

Die Versuche der Pittsburgh Plate Glass Co. und der Gesellschaft von St. Gobain gehen darauf aus, Spiegelglas aus einem dauernd aus der Wanne fließenden Glasstrom durchzuführen und zu walzen. Hierfür hat Ford bereits eine eigene Lösung gefunden, die seinem Bedürfnis zur Herstellung eines Glasbandes von ungefähr 1 m Breite genügt.

Tafelglas Die mechanischen Verfahren haben im Berichtjahre weitere Fortschritte gemacht. Zu den im Jahre 1925 errichteten Fourcault-Anlagen (Ziehen des Glasbandes in senkrechter Richtung) sind zwei neue, größeren Umfanges hinzugekommen (St. Ingbert-Saar und Torgau), die beide in Betrieb sind und die Menge sowie die Güte ihrer Erzeugnisse ständig verbessern.

Ein neues Unternehmen nach dem amerikanischen Ziehverfahren Libbey-Owens (Umlenken des senkrecht gezogenen Glasbandes in die wagerechte Richtung) von der Deutschen Libbey-Owens-Gesellschaft (Delog, A.-G., Gelsenkirchen-Rotthausen) wird mit Beginn des Jahres 1927 in Betrieb genommen.

Weißhohlglas Die Entwicklung der ganz selbsttätigen Maschinen zum Blasen von Hohlgläsern hat mit der Vervollkommnung des selbsttätigen Speisers (Feeder oder Flowing Device) in diesem Jahre weitere Fortschritte erzielt. Die Bestrebungen zielen darauf hin, den vom Speiser abgetrennten Glasposten in der Speiseröffnung unmittelbar zum Fertigerzeugnis zu verarbeiten, indem die Speisernadel als Blaspfeife ausgebildet wurde. Als weiterer Fortschritt sind die Bestrebungen zu verzeichnen, die das bisher in geringem Maße nur für kleine Hohlglasgegenstände gebräuchliche Verfahren zur Herstellung von Gegenständen aus Halberzeugnissen, insbesondere aus Glasröhren, zur Grundlage haben. Die mittels voll selbsttätiger Maschinen, wie z. B. der Danner-Maschine, hergestellten Röhren, die eine viel größere Genauigkeit sowohl in bezug auf Durchmesser als auch auf Wanddicken gewährleisten als die handgeblasenen Röhren, haben der Einführung von Maschinen zur voll-selbsttätigen Verarbeitung von Röhren zu Ampullen, Tabletten- und Pillengläsern, ja bis zu verhältnismäßig großen Verkaufsgläsern den Weg geebnet.

Die Beschaffenheit der Arbeitsflächen von Blas- wie auch von Preßformen läßt nach kurzer Gebrauchsdauer sehr viel zu wünschen übrig. Um das allzu häufige Reinigen und die Nachbearbeitung der Formen zu vermeiden, versuchte man, die Arbeitsfläche der Formen auf galvanischem Wege mit einem feinen Überzug aus Nickel, Kupfer usw. zu versehen. Besonders fest gegen Temperaturschwankungen scheint ein Überzug aus einer Chrom- oder Chromeisenschicht zu sein.

Beleuchtungsglas Unter den halb- und ganz-selbsttätigen Maschinen, die nur dünnwandiges Glas verarbeiten, weist die selbsttätige Westlake-Maschine der Libbey-Glass Co. bezüglich der Entnahme des Glases aus der Wanne wie auch in der Anordnung der Reihenfolge der Arbeitsphasen viele Ähnlichkeiten mit der Owens-Maschine auf. Während auf der Owens-Maschine in der Hauptsache festgeblasene Flaschen hergestellt werden, fällt die Arbeitsweise der Westlake-Maschine in das Gebiet der nicht festgeblasenen Gegenstände. Ihre Leistung ist entsprechend der Ausrüstung mit 24 Pfeifen sehr groß, der hergestellte Kolben ist sehr gleichmäßig. Eine Anlage mit drei Westlake-Maschinen ist von der Firma Osram in der Nähe Berlins errichtet worden; sie kommt Anfang 1927 in Betrieb.

Flaschenglas Die Owens-Maschine behauptet nach wie vor das Feld, erfährt aber auch in Europa wachsenden Wettbewerb teils durch große Maschinen mit Speiserbeschickung (15armige ununterbrochen drehende Graham-Maschine der Owens Bottle Co. mit Formenanordnung nach Severin) teils durch kleinere, nach dem Owens-Verfahren arbeitende, aber billigere und anpassungsfähigere Maschinen (Roirant-Maschine der Société Anonyme d'Etudes et de Constructions d'Appareils pour la Verrerie in Paris, in St. Ingbert arbeitend, und die Hillmann-Maschine, deren Probebetrieb in Groß-Räschen N. L. nunmehr abgeschlossen ist).

Wärmetechnik Im Vordergrund der wärmetechnischen Arbeiten stehen die Bestrebungen der „Wärmetechnischen Beratungsstelle der Deutschen Glasindustrie, Frankfurt a. M.", die sich im einzelnen mit dem Glasschmelzofen als dem wichtigsten Organ der Hütten befassen. An Stelle der gefühlsmäßigen Bemessung neuer Öfen ist die rechnerische Ermittlung der zweckmäßigsten Abmessungen für eine bestimmte Leistung getreten.

Glasforschung Wie sich beim „Verein Deutscher Eisenhüttenleute", Düsseldorf, eine Gemeinschaftsarbeit mit dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf, vollzieht, bahnt sich auch durch die Gründung (April 1926) eines neuen Kaiser-Wilhelm-Instituts für Silikatforschung, Berlin-Dahlem, eine enge Verbindung an zwischen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, Frankfurt a. M., und den Forschungslaboratorien des genannten Instituts.

Die Zusammenarbeit des Instituts und der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft tritt hervor durch eine ausgiebige Berichterstattung über neues Schrifttum in den „Glastechnischen Berichten"[1]) sowohl durch Referate als auch durch größere Aufsätze. Eine Fühlungnahme mit den Fachausschüssen der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft ist durchgeführt. Das Unterrichtswesen im Glashüttenfach wird durch Vorlesungen und Übungen an der Technischen Hochschule Charlottenburg und der Universität Berlin tunlichst unterstützt. [C 2732] Maurach

Zellstoff und Papier

Allgemeines Die Rationalisierungbestrebungen haben auch in diese Industrie stark eingegriffen. Die selbsttätigen Fördereinrichtungen werden möglichst ausgebaut[2]). Die Fabriken beschränken sich immer mehr auf Sondergebiete, wodurch eine nicht unwesentliche Vereinfachung und erhöhte Erzeugungsmenge erzielt wird.

Rohstoffe Neben allen Neu- und Altlumpensorten, Stroh, Alfa und andern Gräserarten, wie auch Altpapier usw., ist das Fichtenholz als die Hauptquelle für die Herstellung des Papierrohstoffes zu betrachten. Der Bedarf kann im Lande nicht gedeckt werden, weshalb man versucht, andre Hölzer heranzuziehen. Die Faserbeschaffenheit von Aspe und Birke läßt nur eine Verwendung für Sonderzwecke zu, da die Festigkeitseigenschaften dieser Pflanzen viel geringer sind. Die Versuche, das Kiefernholz heranzuziehen, werden fortgesetzt; denn es ist nachgewiesen, daß in den Ländern der Erde dieses Holz weit mehr vorhanden ist als die Fichte. Die Aufschließung nach dem Sulfatverfahren, das bereits heute bei dem Kiefernholz angewandt wird, kann wegen der Geruchbildung nicht eingeführt werden. Kochversuche, mit denen man aus dem Kiefernholz einen Sulfitzellstoff gewinnt, werden unternommen[3]). Das Sulfatverfahren gibt neben der Geruchbildung auch nur einen schwer bleichbaren, zu wenig weißen Faserstoff.

In neuerer Zeit wird aus der Eukalyptuspflanze ein Zellstoff gewonnen, der sich für druck- und saugfähige Papiere sehr gut eignet. Man kennt 160 sehr stark wachsende Eukalyptusarten. Man hat errechnet, daß man auf derselben Bodenfläche achtmal soviel Holz von Eukalyptus wie von Tannen und Pappeln in einem Viertel bis einem Fünftel der Zeit erhält. Sie findet sich hauptsächlich in Australien und Brasilien und läßt sich in alle warmen Länder ohne Schwierigkeiten verpflanzen. Die rasch wachsende Eukalyptusart wird vorgezogen, weil sie sich schnell kochen läßt und das Holz von der Kocherlauge durchdrungen wird. Die Faser ist weich und kurz und wird, mit 10 bis 30 vH Sulfatzellstoff vermengt, in den Handel gebracht[4]).

Erzeugung Die Rationalisierung führt zur Erhöhung der Maschinenleistung. Während früher Maschinen mit 1800 mm bis 3000 mm Papierbreite gewählt wurden, die je nach der Papiersorte mit 60, 100 bis 200 m/min Geschwindigkeit arbeiteten, gehört es heute b reits zu keiner Seltenheit, Breiten von 6 m und darüb bei 300 bis 350 m/min Geschwindigkeit zu finden. D Druckpapierindustrie ist in dieser Beziehung am weitest fortgeschritten. [C 2705] Karl Baudisch

[1]) Verlag „Deutsche Glastechnische Gesellschaft", Frankfurt a. M., Gutleutstr. 8. Erscheinen monatlich.
[2]) „Zellstoff und Papier" 1926 S. 534.
[3]) „Der Papierfabrikant" 1926 S. 97, Vortrag von Prof. Schwalbe.
[4]) Svensk Kem. Tidskrift 1926 S. 64.

Faserstoffindustrie

Allgemeines Der Herstellung und Verarbeitung v Kunstseide wird andauernd große Au merksamkeit entgegengebracht. Die Welterzeugung im Jah 1925 wird auf 83 Mill. kg geschätzt (in Deutschla 12 Mill. kg), ist also beinahe doppelt so groß wie im Jah 1923[5]) und beträgt mehr als das Doppelte des Ertrages a Naturseide, der für 1925 mit etwa 39 Mill. kg[6]) angegebe wird. Unter diesen Umständen muß es sehr fraglich e scheinen, ob die von einzelnen Seiten empfohlene Seide zucht in Deutschland wirtschaftlich betrieben werden kann[7] Kunstseiden-Ausstellungen fanden statt: im Rahmen d Leipziger Frühjahrsmesse 1926, ferner in Berlin (Schaufe sterausstellung) und London.

Die Erzeugung feinfaseriger[8]), weichgriffiger sow wollartiger[9]) und wärmender[10]) Kunstseide wird erstreb Als Luftseide wird eine Kunstseide mit lufterfüllten Hoh räumen bezeichnet[11]). Die Unfall- und Gesundheitsgefahr bei Herstellung der Viskoseseide dürfen nicht überseh werden.

Die deutsche Industrie ist nicht nur bei der Herstellu von Kunstseide, sondern auch beim Bau und bei der m schinellen Einrichtung von Kunstseidefabriken in hervo ragendem Maße beteiligt. Anderseits ist die deutsche Texti maschineneinfuhr aus England im Jahre 1925 gegen 19 um etwa 50 vH gestiegen.

Die amerikanische Baumwollernte im Jahre 1926 ve spricht einen Riesenertrag, der auf 18,4 Mill. Ballen v je 500 engl. Pfund (= 0,453 kg) geschätzt wird (Durc schnittsertrag in den vorhergehenden 5 Jahren 11,5 Mi Ballen).

Die Beurteilung der Stapellänge von Faserstoffen m Hilfe von Stapeldiagrammen findet immer mehr Beac tung[12]). Zu erwähnen sind zwei für die Herstellung d Diagramme wesentliche Verbesserungen[13]).

Spinnerei In der Kardierung bedeutet die Anwendu des sogenannten „konstanten Kardenausst flügels"[14]), eine bemerkenswerte Verbesserung. Die Fra der Hochverzug-(Durchzug-)Streckwerke beschäftigt d Spinnerkreise andauernd[15]). Als neuere Ausführungen si die Streckwerke, Bauart „Ferrand"[16]) und „Vanni"[17]), zu e wähnen. Ein neuer Antrieb der Spinnspindeln durch Schra benräder[18]) ist beachtenswert.

Weberei Durch Verstrecken der Kunstseide bei der Ve arbeitung und andre Ursachen entstehen Glan stellen im Gewebe. Dieser Gefahr sucht man durch neue Haspel- und Windmaschinen vorzubeugen. Da derarti Fehler sich häuften, so hat Wissenschaft und Prax sich eingehend mit den Ursachen beschäftigt. Die Au führung einer Zirkular-Schußspulmaschine[19]) ist neuarti Nach Erhöhung der Leistung strebt man durch verbe serte Spulmaschinen[20]) und Zettelanlagen[21]). Zu erwähne ist ferner ein neues Gerät zur Herstellung eines Webe knotens[22]), ein neuer Webstuhlantrieb, ein neues Webve fahren mit zwei hintereinanderliegenden Fächern[23]) u ein an jeder einschiffligen Weblade nachträglich anbrin barer Schützenwechsel[24]).

Im abgelaufenen Jahr ist erstmals in Deutschland, u zwar in einem süddeutschen Textilbetrieb, eine Kettenei ziehmaschine aufgestellt worden. Für die Herstellung d Jacquardkarten in der Decken- und Teppichweberei dürf ein neues mechanisch-automatisches Levierverfahren[25]) v Bedeutung sein.

Strickerei und Wirkerei Die andauernde Beliebtheit der Stric waren als Oberkleidung stellt bezüglic Reichhaltigkeit der Musterung und d Farbenzusammenstellung weitgehende Anforderungen. F die Verarbeitung von Kunstseide gilt sinngemäß das scho bei der Weberei Gesagte.

[5]) „Kunstseide" Bd. 8 (1926) S. 49 u. 94. [6]) „Kunstseide" S. 3 [7]) Zeitschrift f. d. gesamte Textilindustrie Bd. 29 (1926) S. 199, „Seid Bd. 31 (1926) S. 84 u. 421. [8]) Leipziger Monatsschrift f. Textilindustr Bd. 41 (1926) S. 183 und Melliand Textilberichte Bd. 7 (1926) S. [9]) L. M. f. T. S. 239 u. 387, Mell. T. S. 36. [10]) Mell. T. S. 652. [11]) „Kun seide" S. 397. [12]) Mell. T. S. 662. [13]) DRP Nr. 436 808 u. 436 980 Kl. 7 Gruppe 29. [14]) L. M. f. T. S. 81. [15]) L. M. f. T. S. 1, 93, 218, 261, 2 333, 408. [16]) L. M. f. T. S. 332. [17]) Mell. T. S. 137. [18]) DRP Nr. 371 8 415 072, 431 739 Kl. 76c Gruppe 13. [19]) Mell. T. S. 19. [20]) L. M. f. S. 338 u. 339. [21]) Mell. T. S. 17. [22]) L. M. f. T. S. 85 und DRP Nr. 4233 Kl. 86g Gruppe 13. [23]) L. M. f. T. S. 263 und DRP Nr. 432 097 Kl. 8 Gruppe 1. [24] Mell. T. S. 1007 [25]) Mell. T. S. 222

In letzter Zeit wird versucht, Handstrickmaschinen mit einem einfachen mechanischen Antrieb zu versehen[1]). Die Ausführung einer Links- und Links-Rundstrickmaschine ist neuartig[2]). Ferner sind neue aus Kette und Schuß (ähnlich wie eine Webware) hergestellte Wirkwaren und die zur Herstellung erforderlichen Maschinen zu erwähnen[3]).

Ausrüstung Zu den verschiedenen Veredelungsverfahren von Geweben tritt die „Naturfeuchte"[4]) hinzu. In der Strumpfappretur werden neuerdings mit Dampf heizbare Formen verwendet, deren Fußspitzen, den verschiedenen Strumpfnummern entsprechend, auswechselbar sind[5]).

Normung, Spezialisierung Der Fachnormenausschuß für Textilindustrie und Textilmaschinen wurde am 16. April 1926 gegründet[6]). Verschiedene Normblattentwürfe sind bereits veröffentlicht[7]). Weitere Gebiete sind in Bearbeitung. Eine bedeutende ausländische Webereimaschinenfabrik hat mit der Normung im eigenen Betrieb gute Erfolge und erhebliche Vereinfachungen erzielt.

Betriebsführung, Betriebswirtschaft Wertvolle Hinweise für die verschiedensten Textilgebiete finden sich in L. M. f. T. 1926 S. 177, 347 und in Mell. T. 1926 Seite 488, 565, 568, 805 u. 978.

Eignungsprüfung, Psychotechnik Dieses Gebiet spielt bei den verschiedenartigen von Hand auszuführenden Verrichtungen in der Textilindustrie eine bedeutende Rolle[8]), findet aber bisher verhältnismäßig wenig Beachtung. [C 2656] Mauz

Chemische Industrie

Allgemeine Technologie Die Fachgruppe für „Chemisches Apparatewesen" des Vereines deutscher Chemiker, die sich durch die Veranstaltung der „Achema"[9]) (Ausstellung für chemisches Apparatewesen) große Verdienste um die Förderung dieses Sondergebietes erworben hat, ist in diesem Jahre in eine selbständige „Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen" umgewandelt worden, die nunmehr ihre Arbeiten auf wesentlich verbreiterter Grundlage aufgenommen hat. Auch in England beschäftigt man sich lebhafter als bisher mit Apparatekunde. Die British Chemical Plant Manufacturers Association hat in diesem Jahr in London die erste englische Ausstellung von chemischen Apparaten veranstaltet.

Die Technologie der Gase hat Fortschritte auf dem sehr rege bearbeiteten Gebiete der elektrischen Gasreinigung[10]) zu verzeichnen. Die neuen Verfahren beruhen darauf, daß man die zu reinigenden Gase einem starken elektrischen Feld und gleichzeitig einer elektrischen Sprühentladung aussetzt. Zur Zeit dürften im In- und Ausland schon weit über 1000 elektrische Gasreinigungs- und Entstaubungsanlagen in den verschiedensten Industrien in Betrieb sein[11]). Die Abwasserreinigung[12]) hat zunehmende Beachtung erlangt. Besonders das zuerst in England erprobte „biologische Verfahren", das eine durchgreifende Reinigung der Abwässer, z. B. von Kokereien, Gaswerken, Holzverkohlungen usw. mit Hilfe der Lebenstätigkeit von Kleinlebewesen erzielt, ist (von der Emschergenossenschaft) bedeutend verbessert worden[13]).

Organisch-chemische Industrie Nach der Herstellung des Germanins („Bayer 205"), das seit einigen Jahren eine wirksame Bekämpfung der Schlafkrankheit ermöglicht, ist jetzt der deutschen chemisch-pharmazeutischen Großindustrie ein neuer Erfolg beschieden gewesen: den Chemikern der I.-G. Farbenindustrie A.-G. ist es gelungen, das „Plasmochin", eine dem Chinolin nahestehende synthetische Verbindung, herauszubringen, die sich, allein oder zusammen mit geringen Mengen Chinin, als ausgezeichnetes Mittel gegen Malaria erwiesen hat. Das Erzeugnis ist geschmacklos und frei von allen schädlichen Nebenwirkungen[14]).

Während die im vorigen Jahr bekannt gewordene Methanolsynthese der Badischen Anilin- und Sodafabrik und das von Fischer und Tropsch ausgearbeitete Synthol-Verfahren die Anwendung hoher Drücke erfordern, läßt sich die neue von Franz Fischer und Tropsch entdeckte Erdölsynthese bei gewöhnlichem Druck ausführen. Zur Herstellung der Kohlenwasserstoffe des Erdöls wird ein gereinigtes Gemisch von Wasserstoff und Kohlenoxyd (z. B. Wassergas) bei Temperaturen unterhalb 300° über eisen- oder kobalthaltige Katalysatoren geleitet[15]). Zur technischen Ausgestaltung dieses vielversprechenden Verfahrens ist eine „Studien- und Verwertungsgesellschaft m. b. H." gegründet worden.

Nach langen Vorarbeiten ist nunmehr auch die Holzverzuckerung mit konzentrierter Salzsäure in großem Maßstabe durchgeführt worden[16]). In einer Genfer Fabrik werden Holzabfälle (Sägemehl oder dgl.) in einer Drehtrommel und dann in einer Diffusionsbatterie mit konzentrierter Salzsäure im Gegenstrom behandelt; der hochkonzentrierte Zuckersirup wird in einer Zerstäubungseinrichtung getrocknet und von der Salzsäure befreit, die wiedergewonnen wird. Der so gewonnene Holzzucker soll als Futtermittel Verwendung finden, kann natürlich aber auch zu Alkohol vergoren werden. Als Nebenerzeugnis wird Essigsäure gewonnen neben Lignin, für das man einstweilen noch keine rechte Verwendung hat.

Anorganisch-chemische Industrie Am Ende des Berichtjahres ist der neue Volldünger „Nitrophoska" der I.-G. Farbenindustrie A.-G. auf den Markt gebracht worden. Er ist nicht etwa ein Gemisch der Düngegrundstoffe Stickstoff, Phosphorsäure und Kali, sondern diese drei wichtigsten Pflanzennährstoffe sind in ihm in leicht löslicher und höchstkonzentrierter Form zu einem einheitlichen chemischen Erzeugnis verbunden worden.

Wirtschaftliches Die überragende Stellung, die die I.-G. Farbenindustrie A.-G.[17]) in der deutschen chemischen Industrie einnimmt, hat sich durch die Angliederung verschiedener neuer Unternehmen und durch einen großzügigen inneren Ausbau weiter gefestigt. Die „I.-G." erzeugt nicht nur Farbstoffe und Arzneimittel, organische und anorganische Schwerchemikalien, Luftstickstoffverbindungen und Düngemittel, sondern betätigt sich auch in zunehmendem Maße auf den Gebieten der Leichtmetallegierungen, der Schädlingsbekämpfung, der Kunstseide-, Film- und Lackherstellung. Vor allem arbeitet sie mit wachsendem Erfolg weiter daran, Deutschland durch künstliche Erzeugung von Treibölen vom Bezug ausländischer Brennstoffe unabhängig zu machen. Das Vorbild der „I.-G." hat übrigens Nachahmung in England gefunden, wo sich die vier bedeutendsten chemischen Großunternehmen zu einem einzigen, der Imperial Chemical Industries, Ltd., zusammengeschlossen haben. [C 2668] G. Bugge

Kältetechnik

Kälteerzeugung Im Vergleich mit dem Rekordjahr 1925 bedeutet das letzte Jahr zunächst einen empfindlichen Rückschlag, der durch die allgemeine Wirtschaftskrise bedingt war. Die letzten Monate brachten aber wieder zahlreiche Aufträge, so daß die meisten Kältemaschinenfabriken gut beschäftigt waren. Abgesehen von einer normalen Fortentwicklung sind wesentliche Neuerungen kaum zu verzeichnen. In Frankreich ist der Versuch gemacht worden, die schon fast verschwundene Wasserdampf-Strahlkältemaschine durch mehrstufige Anordnung neu zu beleben[18]). Die Feststellung der Kälteleistung durch Messung der umlaufenden Menge des Kälteträgers findet wachsende Verbreitung. Von verschiedenen Seiten sind hierfür geeignete Meßgeräte durchgebildet.

Kälteverwendung Haushaltungs-Kältemaschinen finden in den Vereinigten Staaten immer wachsenden Absatz, und die Amerikaner bemühen sich jetzt, auch auf dem europäischen Markt den Bedarf zu wecken. Die chemische Industrie macht in steigendem Maße von Kältemaschinen Gebrauch. Für die Konservierung von Fischen sind mehrere neue Schnellgefrieranlagen gebaut worden.

Kälteforschung Im Cryogen-Laboratorium in Leiden ist es W. H. Keesom gelungen, zum erstenmal festes Helium zu erhalten. In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin ist die Helium-Verflüssigungsanlage in Betrieb genommen. Die thermischen Eigenschaften der Kälteträger wurden weiter untersucht; so lieferten die Amerikaner Dampftabellen für Propan, Butan und Isobutan, während in Leiden die Wärmediagramme für Methan und Äthan entworfen wurden. Von Arbeiten auf dem Gebiete der Wärmeübertragung sind die Untersuchungen von E. Schmidt über Kühlrippen her-

[1]) Z. f. d. g. T. S. 135. [2]) Mell. T. S. 923. [3]) Mell. T. S. 835.
[4]) Z. f. d. g. T. S. 614. [5]) Mell. T. S. 138. [6]) Mell. T. S. 581.
[7]) L. M. f. T. S. 349 u. 421. [8]) Mell. T. S. 69, 641 u. 1061.
[9]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1265. [10]) Z. S. 253, 960, 1324.
[11]) Zeitschrift f. angewandte Chemie Bd. 39 (1926) S. 1177.
[12]) Z. S. 1592. [13]) Z. f. angew. Chem. S. 706.
[14]) Z. f. angew. Chem. S. 1175.

[15]) Z. S. 550 und Z. f. angew. Chem. S. 1202.
[16]) Z. f. angew. Chem. S. 1203.
[17]) Einen guten Ueberblick über „Die I.-G. Farbenindustrie A.-G und ihre Bedeutung" gibt eine von der Firma Schwarz, Goldschmidt & Co., Berlin W 8, herausgegebene Schrift.
[18]) „Ice and Cold Storage" September 1926 S. 227.

vorzuheben[1]). An der Technischen Hochschule in Karlsruhe wurde das „Kältetechnische Institut“ gegründet, das Lehre und Forschung auf dem Gesamtgebiet der Kältetechnik gleichmäßig pflegen soll[2]). [C 2651] R. Plank

Gasindustrie

Rohstoff Die Bemühungen der Gaswerke um möglichst gute Gas- und Kokskohlen haben weitere Erfolge gezeitigt, insbesondere ist der Aschengehalt der Kohle zurückgegangen. Der wichtige Entgasungswert der Kohle, der sich der Feststellung durch die Analyse entzieht, kann durch ein in der Versuchsanstalt mit nur 10 g Kohle leicht ausführbares Entgasungsverfahren ermittelt werden[3]).

Gaserzeugung Von den zur Kohlenentgasung dienenden Öfen können die mit Einzelgeneratoren versehenen besonders vorteilhaft zur kostenlosen Dampferzeugung herangezogen werden, und zwar durch Teilung der die Öfen verlassenden Feuergase. Der Rekuperation wird nur die zur Erhitzung der Verbrennungsluft nötige Wärme zugeführt, während die übrigen Feuergase unmittelbar nach dem Verlassen des Ofenraumes zu einem Dampfkessel abgezweigt werden[4]). An senkrechten Entgasungsräumen hat sich eine „elastische“ Betriebsweise ausgebildet, bei der mit der Entgasung der Kohle eine unmittelbare Vergasung des Kokses in wechselndem Umfang verknüpft wird. Der schwankende Gasbedarf wird dadurch mühelos ausgeglichen[5]). In Entgasungsräumen hat man minderwertigen Abfallkoks (Grus) vorteilhaft vergasen können[6]).

Kokserzeugung Der Güte des gewonnenen Kokses ist die bessere Kohlenbeschaffenheit zustatten gekommen, was sich in den guten Ergebnissen unparteiischer Feuerungsversuche ausdrückt[7]).

Gasreinigung Gleichmäßige Beanspruchung parallel geschalteter Reinigungsanlagen erhöht deren Gesamtleistung und ist durch bequeme Eichung der Durchgangsschieber zu erreichen[8]).

Gasverwendung Zur Raumheizung[9]), Warmwasserversorgung und in vielen Gewerben, wie Bäckereien, Schlächtereien usw. gewinnt das Gas an Boden. Zur Gasbeleuchtung, insbesondere von Straßen und Plätzen, haben sich Gruppenbrenner, auch Pilzbrenner genannt, bewährt, d. h. eine gruppenförmige Anordnung kleiner hängender Glühkörper unter pilzförmig gestalteten Vorwärmkammern mit hohler Lichtwirkung[10]).

[C 2666] R. Geipert

(Forts. folgt.)

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 885.
[2]) VDI-Nachr. 1926 Nr. 47; Z. Bd. 70 (1926) S. 1693; Z. Kälteind. Bd. 33 (1926) S. 165.
[3]) „Das Gas- und Wasserfach“ Bd. 69 (1926) S. 861.
[4]) desgl. S. 1070.
[5]) desgl. S. 249.
[6]) desgl. S. 1072.
[7]) desgl. S. 777.
[8]) desgl. S. 61.
[9]) desgl. S. 897.
[10]) desgl. S. 280 u. 601.

Berichtigung

Werkzeugmaschinen und Werkzeuge

In dem Chronikbeitrag von B. Buxbaum in Z. Bd. 71 (1927) Nr. 1 muß es auf S. 26 oben links heißen: Der elektrische Einzelantrieb mit Druckknopfsteuerung zeigt bei . . . . . [N 2]

Abb. 1. Okhuizen-Dehnungsmesser mit selbsttätiger Schreibvorrichtung

Abb. 2. Arbeitsweise des Dehnungsmessers

Abb. 3. Schreibgerät

a, a_1 Spitzen zum Festlegen der Strecke AB b Brücke zur Verbindung der Hebel c und d e, f Drehachsen von c und d g Hebel h, i Rollen zum Aufwickeln des Schreibpapieres k l Farbstreifen m Blattfeder n Feder zur Festlegung des Nullpunktes o Bügel p, q Relais r Rahmen s Magnet t Stab u Bohrung v Schraube

Der Okhuizen-Dehnungsmesser

Wegen seiner Handlichkeit wird der Okhuizen-Dehnungsmesser zur Feststellung der Spannungszustände in Bauteilen häufig verwandt[1]). Obering. Becker von der Fa. R. Fueß, Berlin-Steglitz, hat eine selbsttätige Schreibvorrichtung hierzu entworfen, Abb. 1. Die Arbeitsweise des Dehnungsmessers zeigt die Skizze, Abb. 2.

Gemessen wird die Änderung der durch die Spitzen a und a_1 festgelegten Strecke AB von 20 oder 100 mm Länge. Hierzu dienen die durch die Brücke b verbundenen Hebel c und d, die sich um die Achsen e und f drehen. Für den in Abb. 1 dargestellten Dehnungsmesser ist eine Übersetzung von 1 : 500 gewählt worden. Die Schreibvorrichtung, Abb. 1 und 3, läßt sich vom Dehnungsmesser leicht entfernen. Sie besteht aus dem Rahmen r, in dem die Rollen h und i sitzen. Das Schreibpapier k wickelt sich von Rolle h auf i. l ist ein Farbstreifen, über dem die mit dem Hebel g, Abb. 1, verbundene lange Blattfeder m spielt, sie ist mit einer kegelförmigen Spitze versehen. Die Feder n, Abb. 3, dient zur Festlegung des Nullpunktes. Der Bügel o liegt über den Federn m und n und drückt sie beim Einschalten des Relais p auf das Farbband l, wobei gleichzeitig das Relais q die Rolle i um einige Millimeter weiter dreht.

Zum Befestigen des Dehnungsmessers auf einem Bauteil dient der Magnet s, Abb. 1. Man steckt den Stab t in die Bohrung u und zieht die Schraube v an. Der Spannungsmesser in seiner vorliegenden Form ist in Zusammenarbeit mit Prof. Panzerbieter vom Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem und Prof. Dr. O. Lienau von der Technischen Hochschule Danzig-Langfuhr entstanden. [M 2075]

Berlin-Steglitz Fritz Staeger

[1]) Forschungsarb. d. V. d. I. Heft 262.

Berichtigung

Personen-Seilschwebebahnen, Bauart Bleichert-Zuegg, mit besonderer Berücksichtigung der Zugspitzenbahn

In dem Aufsatz von A. Rubin in Z. Bd. 70 (1926) soll es auf S. 1758, r. Sp., 4. Z. v. unten, heißen: . . ., daß z. B. allein in der Schweiz . . . ., ferner S. 1761, 2. Abs., 18. Z.: . . . erträgliche Spannungserhöhung zu erwarten, wenn . . . . ., und auf S. 1764, r. Sp., 3. Abs., 8. Z.: . . . nach der Formel $\underline{\sigma_B} = \frac{\delta}{D} E$ bestimmt werden müßte.

[N 1]

RUNDSCHAU

Werkstoffe

Ein Jahrhundert Aluminium

In diesem Jahr ist es ein Jahrhundert her, seit Friedrich Wöhler in dem bescheidenen Laboratorium der Berliner Städtischen Gewerbeschule das erste Reinaluminium hergestellt hat. Die Zeitschrift für Metallkunde widmet diesem Jubiläum ihr Januarheft als „Fachheft, worin sie in einer größeren Zahl bemerkenswerter Arbeiten den gegenwärtigen Stand der Entwicklung des Aluminiums und seiner Legierungen festhält. Für den Konstrukteur von Wichtigkeit sind besonders die Arbeiten, die sich mit den Eigenschaften der veredelbaren, sogenannten „stahlähnlichen" Aluminiumlegierungen befassen, da diese Legierungen im Gegensatz zum Reinaluminium und zu den ersten, nur mäßige Festigkeiten aufweisenden Legierungen einen hochwertigen Werkstoff darstellen, der für Konstruktionszwecke wohl in Frage kommt und auch bereits im Luftschiffbau, Flugzeugbau und neuerdings im Verkehrswesen zu Wasser und zu Lande seine Eignung bewiesen hat.

Die Reihe der in Frage kommenden Arbeiten beginnt Dr. Beck mit einer kurzen Darstellung über das

Duralumin

Es wird in mehreren Sorten hergestellt. Die Festigkeitseigenschaften der drei am meisten verbreiteten Legierungen, die als Konstruktionswerkstoffe verwendet werden, gibt Zahlentafel 1. Die Legierungen enthalten 3,5 bis 4,5 vH Kupfer, 0,25 bis 1 vH Mangan, 0,5 vH Magnesium, Rest Aluminium.

Zahlentafel 1
Gebräuchlichste Duraluminsorten

Legierung	Zugfestigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Härte (Brinell) kg/mm²
681 B 1/3	38 bis 44	21 bis 14	115/122
681 B	38 „ 46	20 „ 12	118/125
Z	41 „ 47	19 „ 10	120/128

Außer diesen Legierungen werden seit 1910 Duraluminlegierungen hergestellt, die nur Aluminium und Magnesium, aber keine Schwermetalle enthalten. Je nach der Höhe des Magnesiumgehaltes haben sie Festigkeiten von 22 bis 27 kg/mm² bei 25 bis 20 vH Dehnung. Diese Legierungen eignen sich sehr gut zum Tiefziehen.

In neuester Zeit werden für Sonderzwecke zwei weitere Legierungen geliefert, die im veredelten Zustand Zugfestigkeiten von 46 und 48 kg/mm² bei 7 und 24 vH Dehnung aufweisen. Diese Legierungen enthalten außer den bekannten Bestandteilen der Duraluminlegierungen keine Zusätze.

Dr. Beck weist darauf hin, daß man auf die Zähigkeit der für Konstruktionsteile bestimmten Leichtmetalle vielfach nicht den gebührenden Wert lege. Für Konstruktionsstahl, Kesselbleche, Stehbolzen und Feuerbüchsbleche ist ein bestimmter Biegewinkel vorgeschrieben, der nicht unterschritten werden darf. Eine solche Abnahmevorschrift sollte auch für Leichtmetalle eingeführt werden. Einige Duraluminlegierungen weisen im veredelten Zustand einen Biegewinkel von 180° auf beim Biegen um einen Dorn, dessen Halbmesser gleich der zwei- bis dreifachen Dicke des Probestabs ist.

Dr. Beck erwähnt ferner die gute Seewasserbeständigkeit des Duralumins, die durch Versuche der Dornier-Metallbau-G. m. b. H. im Flugzeugbau bewiesen werde. Der Zusatz gewisser Schwermetalle, die die Seewasserbeständigkeit ohne Beeinträchtigung der Festigkeit erhöhen, beeinflußt die Zähigkeit ungünstig. Andre rufen Sprödigkeit hervor und machen dadurch den Werkstoff für Konstruktionszwecke ungeeignet. Solche Zusätze, die man auch bei den veredelten Aluminiumlegierungen anzuwenden versucht habe, seien daher nicht zweckmäßig.

Für die Zuverlässigkeit des Duralumins ist es bezeichnend, daß der Luftschiffbau und der Flugzeugbau dem Werkstoff während einer langen Reihe von Jahren unter denkbar schwierigsten Verhältnissen treu geblieben sind. Der Flugzeugbau ist heute einer der größten, wenn nicht der größte Abnehmer des Duralumins. Daneben wird es in steigendem Umfang z. B. im Kraftwagenbau, im Bau von Verbrennungsmotoren, Motorrädern, Fahrrädern, Schiffen verwandt. Seit einiger Zeit wird Duralumin auch für schwere Konstruktionsteile in Form von Schmiedestücken bis 600 kg Gewicht und warmgewalzten Profilen in den Handel gebracht. Diese Duraluminsorten haben eine Zugfestigkeit von 40 bis 43 kg/mm² bei 20 bis 18 vH Dehnung.

Silumin

J. Czochralski bringt einige Beiträge zum Verständnis der Veredelungsvorgänge im Silumin. Diese veredelbare Gußlegierung hat schon mancherlei Erfolge hinter sich. Sie wird nicht, wie die übrigen vergütbaren Aluminiumlegierungen durch einen Wärmevorgang, sondern durch ein Legierungsverfahren veredelt, das eine Reinigung des Bades und eine Verfeinerung des Kornes hervorruft. Czochralski kommt zu dem Ergebnis, daß das eigentliche Wesen dieses Veredelungsvorganges (wie übrigens auch das Veredelungsverfahren von Wilm) noch durchaus nicht geklärt sei. Diese Klärung würde für die weitere Entwicklung der Legierungen von großem Erfolg sein, da man nur dann das Reinigungsverfahren auch auf andre Legierungen zielbewußt übertragen könne. Als Beispiel für eine neuere Anwendung des Silumins kann die in einem Stück gegossene Kraftwagenkarosserie von 4 m Länge aus Silumin dienen. Durch die Erfindung des Silumins sind ganz neuartige technologische Zusammenhänge aufgedeckt worden, die man mit dem Ausdruck „Formfüllungsvermögen" zusammenfassen kann. In diesen Begriff fallen die Fragen der Zähflüssigkeit und seiner Abhängigkeit von der Temperatur, der Kapillarität, des Einflusses des spezifischen Gewichtes usw.

Lautal

besteht aus Aluminium, Kupfer und Silizium. Als Zugfestigkeiten werden von Dr.-Ing. Fuß angegeben: „normal" 38 bis 42 kg/mm², „ungehärtet" 32 bis 37 kg/mm², „weich" 23 bis 25 kg/mm² und „nachverdichtet" bis zu 60 kg/mm². Dieser Höchstwert soll allerdings nur bei dünnem Blech und Draht erreicht worden sein. Der weiche Werkstoff ist für Tiefziehzwecke geeignet. Der ungehärtete Werkstoff wird neben dem normalen am häufigsten verwendet. Das Lautal wird nicht wie das Duralumin veredelt, indem man es am Schluß des Veredelungsverfahrens bei Zimmertemperatur liegen läßt, sondern indem man es eine Zeitlang bei bestimmten höheren Temperaturen lagert, wobei es seine höchste Festigkeit erreicht. Lautal läßt sich bei 400 bis 500° schmieden. Angewärmt werden die Schmiedestücke im Salzbad, im Muffelofen oder auch im offenen Schmiedefeuer. Die fertigen Stücke werden durch Ausglühen bei 490 bis 510° und Abschrecken und Anlassen bei 120 bis 130 °C veredelt.

Lautal wird auch für Gußzwecke geliefert. Die Festigkeit für Sandguß beträgt 12 bis 20 kg/mm², für Schalenguß 15 bis 25 kg/mm². Die Gießtemperatur beträgt 700 bis 720 °C. Lautal ist, wie auch die übrigen veredelbaren Aluminiumlegierungen, für Pleuelstangen, Kolben, Bremstrommeln usw. im Maschinen- und Fahrzeugbau benutzt worden. Auch Ganzmetall-Flugzeuge, Motorbootkörper, Kastengerippe für Straßenbahn-Anhängewagen sind aus Lautal hergestellt worden, ebenso die drei 17 m hohen Segelwalzen des Flettnerschiffes „Barbara".

Scleron und Aeron

Scleron enthält als Träger der Veredelung das Alkalimetall Lithium. Der Legierung wird ein besonders hoher Formänderungswiderstand und leichte Bearbeitbarkeit zugesprochen. Aeron ist eine der Aluminium-Kupferlegierungen, die unter verschiedenen Namen in Amerika, Frankreich und Deutschland bekannt sind.

Die Festigkeit des Sclerons (vergütet) wird zu 40 bis 50, seine Härte (Brinell) zu 100 bis 120 kg/mm² angegeben. Die Festigkeit des Aerons (vergütet) beträgt 36 bis 42 kg/mm² bei einer Dehnung von 25 bis 18 vH, die Härte 90 bis 110 kg/mm². Dr. E. Scheuer vergleicht Aeron etwa mit dem Flußeisen, Scleron mit einem weichen Maschinenstahl, betont aber ausdrücklich, daß dieser Vergleich stark beeinflußt werden kann durch den abweichenden Elastizitätsmodul. Scleron und Aeron kommen ebenfalls in verschiedenen Härtegraden zur Verarbeitung. Vergütetes Scleron hält geringe Biegebeanspruchungen ohne Schaden aus. Bei stärkeren Formänderungen muß auf die Kaltverfestigung des Werkstoffes Rücksicht genommen werden. Geglühtes Scleron und Aeron vertragen leichte Zieh- und Drückarbeiten. Für mittlere Biegebeanspruchungen muß halbhartes und für starke Zieh- und Drückarbeiten geglühtes Aeron verwendet werden.

Wie bei den meisten duraluminähnlichen Legierungen ist Nieten und Verschrauben allen andern Verbindungsarten, bei denen der Werkstoff erwärmt werden muß, grundsätzlich vorzuziehen. Über die chemische Widerstandfähigkeit wird gesagt, daß die veredelte Legierung bedeutend widerstandfähiger ist als die geglühte. Scheuer empfiehlt, Scleron für hochbeanspruchte Teile zu benutzen, bei denen plastische Formgebung in kaltem Zustand (Biegen, Ziehen, Drücken) nur in geringem Maß in Frage kommt. Außerdem wird die gute Schneidbarkeit des Sclerons hervorgehoben. Aeron soll dagegen dort verwandt werden, wo es neben einem guten Formänderungswiderstand auf hohe Formgebungsmöglichkeit in der Kälte und auf gute Widerstandfähigkeit gegen Anfressungen ankommt.

Constructal

Dr. W. Sander berichtet über die jüngste veredelbare Legierung Constructal. Es enthält neben geringen andern Bestandteilen Zink als veredelnden Zusatz zum Grundstoff Aluminium. Festigkeitswerte bis 60 kg/mm² sind bei Dehnungen von 9 bis 10 vH erreicht worden. Mitteilungen über die Verwendung des Werkstoffes liegen noch nicht vor. Als jüngstes Glied der Reihe wird es seine besonderen Eigenschaften in der Praxis erst nachzuweisen haben. [N 8] Gr.

Betriebstoffe

Wiederherstellung gebrauchter Schmier- und Isolieröle

Der Werdegang der Ermüdung von Mineralölen verläuft etwa folgendermaßen: Der Sauerstoff der Luft greift vorerst die labilsten Bestandteile der Öle unter Bildung von Oxydationserzeugnissen verschiedener Stufen an, unter denen wohl laktonartige Körper und Säuren vorwiegen. Die Säuren bilden mit den Metallen, die ja stets vorhanden sind, oder auch mit den Alkali- und Erdalkalisalzen aus dem atmosphärischen Staub organische Salze (Seifen), die nun weiterhin die Rolle von Katalysatoren zwischen dem Luftsauerstoff und den labilen Anteilen des Öles übernehmen und so ein sehr rasches Verderben begünstigen.

In letzter Zeit sind eine ganze Menge von Reinigungsverfahren für gebrauchte Öle empfohlen worden, die fast alle darauf beruhen, daß man die Abfallöle entweder durch Schleudern oder Filter verschiedenster Bauart von den darin schwebenden mechanischen Verunreinigungen befreit. Dadurch erreicht man wohl eine mehr oder weniger vollkommene Abscheidung dieser Fremdstoffe, doch das Hauptübel, die in den Ölen gelösten Oxydationsstoffe, Seifen usw. und die in Verbrennungsmotoren gebildeten Krackstoffe werden durch diese Behandlung nicht entfernt. Solche Öle sind daher nur scheinbar gereinigt, in Wirklichkeit aber mit all den gefährlichen Eigenschaften behaftet, die ihnen vor der Reinigung innewohnten.

Es verdient daher ein vor kurzer Zeit bekanntgewordenes Wiederherstellverfahren für Öl besondere Aufmerksamkeit, das durch seine Eigenart sowohl eine chemische als auch mechanische Reinigung der Abfallöle ermöglicht, das Bensmannsche Floridin-Verfahren, das bereits vielfach benutzt wird.

Abb. 1. Floridin-Filter, Bauart A

a Heizmantel
b Anschluß für elektr. Strom
c Oelfüllung
d Floridin
e Dampf- oder Wasseranschluß
Thermometerstutzen

Abb. 2. Floridin-Filter, Bauart B, der Firma Hermann Bensmann, Bremen

a Hochbehälter
b Anschluß f. elektr. Strom
c Oelfüllung
d Floridin
e Dampf- oder Wasseranschluß
f Vorfilter
g Filterfüllung
h Floridinfilter

Dem Floridin-Verfahren liegt der Gedanke zugrunde, die kranken Öle dadurch wiederherzustellen, daß nicht nur die mechanischen Verunreinigungen, sondern auch die Oxydations- und Polymerisationserzeugnisse aller Stufen in einem einzigen Arbeitsgang restlos entfernt werden. Dieses Ziel wird auch tatsächlich erreicht, und weil gerade die labilsten Bestandteile des ursprünglichen Öles, die zuerst der Oxydation zum Opfer fallen, durch das Verfahren entfernt werden, ergibt sich die Tatsache, daß die nach dem Floridin-Verfahren behandelten Abfallöle besser und widerstandfähiger sind als die ursprünglichen Öle vor ihrem Gebrauch.

Der Vorgang besteht darin, daß das kranke Öl über eine entsprechend hohe Schicht von körnigem Floridin[1]) filtriert wird, und zwar am besten bei 60 bis 90 °C, jedoch auch bei gewöhnlicher Temperatur. Um Verstopfungen der Filtermasse zu verhindern, müssen solche Öle, die viel Schlamm, Wasser oder Ruß enthalten, einer Vorreinigung unterworfen werden, die bei der Anlage vorgesehen ist. Besonders wichtig ist, daß der ganze Vorgang vollkommen selbsttätig verläuft, jede Wartung fällt fast gänzlich fort. Die Bedienung beschränkt sich auf das Füllen und Entleeren des Floridinfilters, eine Arbeit, die höchstens 1 h täglich in Anspruch nimmt, daher leicht von den Kessel- oder Maschinenwärtern nebenbei besorgt werden kann.

Die Firma Hermann Bensmann, Bremen, bringt drei Arten Floridinfilter in den Handel, Bauart A, Abb. 1, ist die einfachste und dient zur Reinigung solcher Öle, die nicht wesentliche Mengen mechanischer Verunreinigungen enthalten. Bauart B, Abb. 2, dient zur Reinigung sämtlicher Abfallöle, mit Ausnahme vor Motorenölen, die kolloidalen Kohlenstoff enthalten. In Bauart C hingegen können sämtliche Öle wiederhergestellt werden. Somit liegt der Unterschied zwischen den einzelnen Bauarten lediglich in der Vorreinigung der Abfallöle.

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Je nach dem Grade der Verunreinigung braucht man mehr oder weniger, meist aber 10 kg Floridin für 100 kg Öl. Kostet durchschnittlich 1 kg Floridin 25 ₰, so ergibt das 2,5 ₰ für 1 kg gereinigten Öles. Die 10 kg Floridin halten nach dem Filtern 4 bis 5 kg Öl zurück, die als Verlust zu betrachten sind. Die Kosten für Heizung des Filters, Fällungsmittel für Reinigung stark verrußter Öle usw. können rd. mit 5 ₰ für 1 kg Öl veranschlagt werden.

Daraus berechnet sich die Wirtschaftlichkeit einer Wiederherstellungsanlage mit 1000 kg/Tag Abfallöl Leistung wie folgt:

[1]) Hauptsächlich Magnesium-Hydro-Silikat, ursprünglich aus Florida stammend.

100 kg Floridin	25,— ℳ
Heizung, Fällungsmittel usw.	5,— „
Arbeitslohn	—,— „
	30,— ℳ
Aus den 1000 kg Abfallöl werden rd. 950 kg wiederhergestelltes Öl gewonnen, und es müssen daher 50 kg neu ersetzt werden. 50 kg Öl kosten bei rd. 50 ₰/kg . . .	25,— „
Somit kosten 1000 kg wiederhergestelltes Öl (einschließlich der neubeschafften 50 kg)	55,— ℳ
1000 kg wiederhergestelltes Öl haben bei 50 ₰/kg den Wert	500,— „
Wären die 1000 kg Abfallöl als solches verkauft worden, so hätte man dafür 15 ₰/kg erzielt	150,— „
Also Wertsteigerung für 1000 kg Öl . .	350,— ℳ
Wirklicher Gewinn: 350 — 55 = ...	295,— „

Bei Anwendung dieses Wiederherstellungsverfahrens wird sich also der Preis für ein Schmieröl, von dem 100 kg 50 ℳ kostet, auf rd. 20 ℳ ermäßigen. Da dieses Verhältnis für alle Öle bestehen bleibt, so ergibt sich die Tatsache, daß durch Anwendung des Floridin-Verfahrens rd. 60 vH Ersparnis erzielt wird. Da die Geräte je nach Größe nur einige hundert Mark kosten, so sind sie in kürzester Zeit abgeschrieben.

Außerdem ist noch zu berücksichtigen, welche Ersparnis die Wiederherstellung der Öle weiter dadurch bringt, daß durch die Verwendung von stets einwandfreiem Öl der Verschleiß an Zapfen, Lagern, Zahnrädern usw. erheblich vermindert und eine Betriebstörung durch heißgelaufene Lager seltener gemacht wird. (Nach einem auf der 39. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker 1926 in Kiel gehaltenen Vortrage.) [N 2089]

München Dr. R. A. Wischin

Brennstoffe

Torfvergasung und Torfverkokung

Als in der Zeit des Krieges und auch noch nach dem Krieg eine starke Knappheit an Brennstoffen herrschte, sind viele Verfahren zur wirtschaftlichen Verwertung minderwertiger Brennstoffe[1]) entwickelt worden. So ist das Verwendungsgebiet dieser Brennstoffe in einer Weise ausgedehnt worden, wie man es früher kaum für möglich gehalten hätte. Wenn auch nach der Herstellung normaler Verhältnisse in vielen Zweigen der Technik die Verfeuerung der minderwertigen Brennstoffe wieder aufgegeben worden ist, so sind doch auf einer Reihe anderer Gebiete so günstige Erfahrungen gemacht worden, daß auf ihnen die billigen minderwertigen Brennstoffe für die teure Steinkohle oder die Braunkohlenbriketts einen sehr ernst zu nehmenden Wettbewerber darstellen. Im besonderen trifft die letztere Bemerkung für die Verwendung des Torfes als Brennstoff für industrielle Betriebe zu. Vor allem das aus ihm durch Vergasen gewonnene Gas und die durch Entgasen erhaltenen Koks sind Brennstoffe, von denen anzunehmen ist, daß sie unter gewissen Voraussetzungen eine nicht unwesentliche Rolle für bestimmte Industriezweige zu spielen berufen sind. Die Erfahrungen und Ergebnisse, die in der Zeit der Brennstoffnot mit der Torfvergasung und Torfverkokung gesammelt worden sind, hat Prof. Dr. G. Keppeler, Hannover[2]) zusammengefaßt.

In der Hauptsache kommen für die Torfgewinnung die sogenannten Hochmoore in Betracht, die über den Grundwasserspiegel weit hinausgewachsen sind und die nach ihrem Abbau landwirtschaftlich nutzbare Flächen liefern. Der Aschengehalt dieses Torfes ist sehr niedrig. Er beträgt 1 bis 1½ vH. Der Torf hat im Moor einen sehr hohen Wassergehalt, in der Regel zwischen 87 und 90 vH. Bei guter Feldtrocknung wird dieser Wassergehalt auf durchschnittlich 25 vH herabgesetzt. Der Heizwert des getrockneten Torfes schwankt zwischen 3500 und 3800 kcal/kg.

Der Torf weist für die Vergasung eine Anzahl günstiger Eigenschaften auf. Die Vorgänge im Gaserzeuger sind bei der Torfvergasung etwa die folgenden: Die Zersetzung beginnt schon bei Temperaturen von rd. 100 °C, wo Kohlensäure und Wasser sich abzuspalten anfangen; bei 250 °C tritt lebhafte Teerentwicklung auf. Die Hauptzersetzung findet zwischen 300 ° und 400 °C statt und ist bei 450 °C im wesentlichen beendet. Bei dieser Abschwelung entstehen als Entgasungsrückstand Koks von sehr niedriger Entzündungstemperatur. Da nun mit der niedrigen Entzündungstemperatur auch die Reaktionsfähigkeit gegenüber Kohlendioxyd und Wasserstoff parallel geht, vollzieht sich die Einstellung der Gleichgewichte im Gaserzeuger, also die Bildung des Gases im Gaserzeuger, rascher als bei den Entgasungsrückständen der Steinkohle. Trotz der großen Hohlräume, die das Torfbrennstoffbett aufweist, sind daher keine besonders hohen Schichten im Torfvergaser notwendig. Weiter ergibt sich, daß die Erzeugung verhältnismäßig großer Gasmengen, bezogen auf das Quadratmeter freien Gaserzeugerquerschnittes, möglich ist. In einem für Steinkohle gebauten Gaserzeuger können mit Torf von normalem Trockensubstanzgehalt in der Zeiteinheit mindestens die gleiche Anzahl Wärmeeinheiten in Form von gutem Generatorgas geliefert werden, wie mit Steinkohle. Ein weiterer großer Vorzug des Torfes ist, daß die einzelnen Torfstücke auf ihrem Wege durch den Gaserzeuger wohl zusammenschrumpfen, aber ihren Zusammenhang behalten und nicht krümeln. Infolgedessen ist nur wenig Stocharbeit nötig, und der Aufwand an Bedienungsarbeit wird sehr gering, zumal da ja auch der Aschengehalt ein sehr kleiner ist. Das bei der Torfvergasung entstehende Gas unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Generatorgas hauptsächlich durch einen höheren H_2- und CH_4-Gehalt, der dem Torfvergasergas den hohen Heizwert von 1200 bis 1400 kcal/m³ verleiht.

Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse, die an einer Torfvergaseranlage des Stahlwerks Osnabrück der Klöckner-Werke, A.-G., Abteilung Georgs-Marien-Hütte, ermittelt wurden, sind in den folgenden Zahlen dargestellt. Der bei den Untersuchungen zur Vergasung kommende Torf hatte im allgemeinen einen Feuchtigkeitsgehalt von 25 vH, einen durchschnittlichen Aschengehalt von 1,7 vH und einen Heizwert von 4200 kcal/kg. Die Vergaserbatterie enthielt einfache Schachtvergaser von 1,6 m l. W. Der Gebläsedruck wurde je nach dem Aschengehalt auf 50 bis 100 mm W.-S. gehalten, die Luft bis etwa 45 vH mit Wasserdampf gesättigt. Der Gasdruck im oberen Vergaserteil betrug 30 bis 40 mm W.-S., am Martinofenventil rd. 15 bis 20 mm W.-S. Die Gastemperatur schwankte zwischen 320 und 380 °C. Das von diesen Gaserzeugern gelieferte Gas wurde während 1½ Monaten fortlaufend analysiert und dabei eine große Gleichförmigkeit in der Gaszusammensetzung ermittelt. Im Mittel betrug der Gehalt des Gases an CO_2 6,2 vH, an O_2 0,2 vH, an CO 27,6 vH, an H_2 13,2 vH, an CH_4 2,4 vH, der Heizwert 1400 kcal/m³. Für die Stahlerzeugung ist auch der geringe Schwefelgehalt des Torfgases von hohem Wert. Während der Schwefelgehalt des mit Kohlengas erzeugten Stahles 0,03 bis 0,06 vH beträgt, ist der Schwefelgehalt des mit Torfgas erzeugten Stahles auf 0,02 bis 0,04 vH vermindert.

Auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit hat die Georgs-Marien-Hütte mit der Torfvergasung gute Ergebnisse erzielt, obwohl sie den Torf teurer als üblich bezahlte, da sie ihn in gebrochenem und abgesiebtem Zustand bezog. Die Brennstoffkosten beliefen sich auf:

	Brennstoffpreis am 1. Juli 1924 ℳ/t	Verbrauch vH/t Stahl	Brennstoffkosten ℳ/t Stahl
Kohle	26,53	27	7,16
Torf	16,23	42	6,81

Bei Torfverwendung wurde also eine Ersparnis von 0,35 ℳ für 1 t Stahl erreicht. Bei den vorliegenden Versuchen hat sich auch bestätigt, daß der Durchsatz und die Leistung an Gas bei Torfvergasung gegenüber Kohle im gleichen Vergaser nicht zurückstehen. Der Durchsatz eines Gaserzeugers von 3 m l. W. betrug innerhalb 24 h bei Nußtorf 36 t, während er bei Steinkohlen rd. 20 bis 24 t normal beträgt. Wegen des geringen Aschengehaltes des Torfes brauchte nur zweimal je Schicht gestocht zu werden, dabei betrug der Verlust an Unverbranntem in den Verbrennungsrückständen nur 0,07 vH des Durchsatzes.

Während bei den vorstehend mitgeteilten Untersuchungen möglichst trockener Torf vergast wurde, kann aber auch Torf mit einem Wassergehalt bis zu 60 vH wirtschaftlich in Gaserzeugern vergast werden. In diesem Falle muß allerdings ein sehr hoher Gaserzeuger verwendet werden, in dessen oberem Teile der feuchte Torf durch die abziehenden Gase vorgetrocknet wird. Man kann hier mit der Gasaustrittstemperatur bis auf 80 °C herabgehen. Das so gewonnene Gas ist natürlich stark mit Wasserdämpfen beladen, so daß es durch Kühlung entfeuchtet werden muß. Doch läßt sich mit der Entfeuchtung eine Teergewinnung verbinden, durch die eine Teerausbeute von 5 bis 8 vH, bezogen auf Trockentorf, zu erreichen ist.

Was nun die Entgasung und Verkokung des Torfes anbetrifft, so wird auch hier die Regel bestätigt, daß sich die Entgasung in um so niedrigerem Temperaturgebiet vollzieht, je jünger der Brennstoff ist. Die für die Torf-

[1]) Vergl. a. „Die Verschwelung der minderwertigen Brennstoffe" von H. R. Trenkler im Sonderheft „Entgasen und Vergasen", Berlin 1926, VDI-Verlag.

[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 631 u. f.

Abb. 3 bis **5**. Temperaturanstieg, Gasentwicklung und Gaszusammensetzung bei der Verkokung von Torf

entgasung wesentlichen Verhältnisse sind schon bei der Torfvergasung kurz dargestellt worden. Ein genaues Bild von den Beziehungen, die zwischen dem Temperaturanstieg einerseits und der Menge des entwickelten Gases und seiner Zusammensetzung anderseits bestehen, geben Abb. 3 bis 5. Bei der Entgasung des Torfes sind vier Abschnitte zu erkennen. Im ersten Abschnitt, der bis zu einer Temperatur von rd. 200 °C geht, tritt vor allem eine Trocknung des Torfes ein, und das in diesem Temperaturgebiet entwickelte Gas setzt sich in der Hauptsache aus CO_2, etwas CO und ganz geringen Mengen CH_4 zusammen. Über 200 °C, deutlich von 250 °C an, tritt die exotherme Zersetzung ein, die noch beträchtliche Mengen von Kohlensäure, aber bereits recht hohe und immer weiter steigende Mengen von Methan, Wasserstoff und Kohlenoxyd liefert. Zwischen 350 ° und 480 °C nimmt die Gasentwicklung beträchtlich ab, um nach Überschreitung der Temperatur von 480 °C noch einmal anzusteigen. In diesem letzten Abschnitt werden vorwiegend brennbare Gase, wie Methan, Kohlenoxyd, Wasserstoff und schwere Kohlenwasserstoffe geliefert. Die Teerentwicklung beginnt ungefähr mit 250 °C und gehört hauptsächlich der ersten exothermen Reaktion an. Das gewonnene Gas setzt sich durchschnittlich aus 45,0 vH CO_2, 25,3 vH CH_4, 19,4 vH CO, 7,2 vH H_2, 1,6 vH C_mH_n und 1,5 vH N_2 zusammen und hat einen Heizwert von 3135 kcal/m³. Bei den angestellten Versuchen ergaben sich die folgenden Ausbeuten:

Ausbeute aus 100 kg Hochmoortorf an	Ausgangsbrennstoff		
	Torf mit 15,8 vH Feuchtigkeit	Wasserfreier Torf	Normaler Torf mit 25 vH Feuchtigkeit
Torfkoks . . . . kg	39,3	46,6	35,0
Teer . . . . . . „	5,8	6,9	5,2
Schwelwasser . . „	32,5	20,0	40,0
Gas . . . . m³	12,5	15,0	11,0

Da bei den Versuchen eine Zersetzung des Teeres u
sekundäre Reaktionen im Sinne der Kohlensäure- und d
Wassergasbildung zur Erlangung eines klaren Bildes v
den Vorgängen möglichst verhindert wurde, entsprech
die angegebenen Werte nicht ganz den praktischen Verhä
nissen, bei denen vor allem ein heizkräftigeres Gas auftritt u
die Teer- und Koksausbeute dementsprechend geringer wi

Für die Torfentgasung und Verkokung kommen dr
verschiedene Verfahren in Betracht. Auf diesem Gebi
herrscht seit Anfang des Jahrhunderts die stehende Retor
mit Außenheizung vor. Um eine möglichst gleichmäßi
Temperaturverteilung in der Retorte mit Außenheizun
zu erreichen, wurden diese mit langem, schmalem Que
schnitt, der an den schmalen Seiten abgerundet ist, geba
Beheizt wird mit dem Gas, das bei der Kokserzeugung en
steht. Bei genügender Trockenheit des Torfes wird ein Ga
überschuß zur Verwendung für beliebige Zwecke gewonne

Ein zweites Verfahren ist die Torfverkokung dur
sogenannte Innenheizung, bei der heiße, sauerstof
freie Verbrennungsgase durch den zu verkokenden To
hindurchgeführt werden, um ihn zu entgasen. Die Vo
teile bestehen in der unmittelbaren Übertragung der Wär
vom Heizgas auf das Schwelgut und in der Geringfügigke
der durch Strahlung und Leitung entstehenden Verlust
Die Durchführung des Verfahrens wird durch die Eige
schaften des Torfes, nämlich durch seine niedrige En
gasungstemperatur und die verhältnismäßig starke Wärm
entwicklung bei der Verschwelung erleichtert. Der Nac
teil des Verfahrens besteht in der Verschlechterung d
Güte des Gasüberschusses, das Gas ist stark mit den a
Heizgase benutzten Verbrennungsgasen vermischt, und
der Tatsache, daß ein völliges Freisein der Verbrennung
gase von Sauerstoff praktisch nicht durchzuführen ist,
daß Torfkoks in gewissen Mengen verbrannt und verga
werden und dadurch eine Aschenanreicherung der Koks eintr

Schließlich ist noch das Verfahren von Domnick
erwähnen, bei dem eine Reihe von Einzelkammern hinte
einander geschaltet sind und teils von außen, teils v
innen beheizt werden.

Trotz der großen Wichtigkeit des Wärmeverbrauc
für die wirtschaftliche Torfverkokung liegen die Hau
schwierigkeiten auf einem andern Gebiete, nämlich a
dem der Torfgewinnung. Da für 1 t Koks rd. 3 t gut getroc
neten Torfes notwendig sind, liegt die Bedeutung des To
preises auf der Hand. Sehr wesentlich ist aber auch d
jährliche Erzeugungsmenge eines Torfbetriebes. Torfwer
mit einer Jahresgewinnung von mehr als 20 000 t sind se
selten. Wenn man aber als Durchsatz für eine Ofeneinhe
auch nur 10 t in 24 h rechnet, so würde eine Batterie v
nur 6 Öfen bei einer Jahreserzeugung von 7000 t Torfko
22 000 t trocknen Torf erfordern. Hinzu kommt noch d
Notwendigkeit des Vorhandenseins eines erheblichen Puffe
vorrates. Der Torfverbrauch einer Torfverkokungsanla
kann also leicht die Leistungsfähigkeit eines Torfwerk
überschreiten, so daß die Hauptgrundlage der Torfverkoku
eine großzügige, technisch und wirtschaftlich gut arbeiten
Organisation der Torfgewinnung ist.

Für die Eigenschaften der Torfkoks, die mit älter
Namen noch als Torfkohle bezeichnet werden, ist das F
gende wesentlich. An Festigkeit stehen die Torfkoks d
Steinkohlenkoks erheblich nach. Doch können Holzkohle
Hochöfen anstandslos auch mit Torfkoks betrieben werde
Der Aschengehalt und ebenso der Schwefelgehalt der To
koks ist gering. Ersterer beträgt rd. 2 bis 4 vH, letzter
0,2 bis 0,33 vH. Bei der üblichen Veraschung findet m
im allgemeinen, daß nur 0,06 bis 0,08 vH flüchtiger Schwe
in den Torfkoks vorhanden sind. Sehr niedrig ist au
der Phosphatgehalt von Torfkoks. Schließlich sind no
der niedrige Zündpunkt (rd. 230 °C) und die gerin
Wärmeleitfähigkeit von Torfkoks zu erwähnen. Alle die
Eigenschaften lassen Torfkoks in sehr vielen Fällen a
vollwertiges Ersatzmittel für Holzkohle erscheinen, so d
in Zukunft mit einer bedeutend gesteigerten Verwendu
von Torfkoks zu rechnen ist.

Abgesehen von dem Gas kommt als Nebenerzeugnis d
Torfverkokung, dessen Gewinnung sich lohnt, nur no
Teer in Frage. Der Torfteer ist dem Braunkohlente
ähnlich. Bei Außenbeheizung wird im praktischen B
trieb an Teer ungefähr 2 bis 3 vH, bei Innenbeheizu
6 bis 8 vH gewonnen.

Aus den vorstehenden Ausführungen ist wohl zu e
nehmen, daß der Torf als Brennstoff sowohl in vergast
als auch in entgastem Zustand dazu berufen ist, in der I
dustrie eine größere Rolle zu spielen als bisher. Alle
dings wird die gesteigerte Torfverwendung hauptsächli
für solche Werke in Frage kommen, die den Torfgebiet
benachbart liegen. Eine Verschickung des Torfes in weit
entfernt liegende Gegenden käme nur in Form von To
koks in Frage. [M 2002] Dipl.-Ing. Gutmann

Meßgeräte

Gewehrlaufprüfer

Eine genaue Innenwanduntersuchung der Rohrläufe von ichsen und Flinten war bislang technisch fast unmöglich, mentlich wenn es sich um die Untersuchung von Kugelufen der Infanteriegewehre oder sogar um Kleinkaliber it 5 mm kleinster Bohrung bei ungefähr 750 mm Rohrnge handelte. Das von jedem Schützen geübte Verfahren s Durchsehens mit unbewaffnetem Auge oder mit einer hwachen Lupe, wobei man mit Hilfe eines schräg geellten Spiegels oder eines kleinen Blättchens weißen apiers eine bessere Beleuchtung des Laufinnern zu erichen sucht, gibt keinen genügenden Aufschluß über die nere Wandbeschaffenheit. Man sieht dabei wohl, ob ein auf mangelhaft gereinigt und noch Pulverschleim vorhann ist, und kann auch gröbere Roststellen erblicken, ohne sie er nach Lage und Art genau ausmachen zu können. ür die Hersteller, Militärbehörden, Beschuß- und Verchsanstalten für Handfeuerwaffen und bei kriminalistihen Untersuchungen ist es jedoch von größter Wichtigeit, sich über mangelhafte Politur, Rostnarben, Werkstoffhler, Bohrringe, schlechte Zugkanten usw. völligen Aufchluß zu verschaffen.

Ein neues Gerät, der nach schwierigen Versuchen in ger Zusammenarbeit mit Major Knauer von der Deuthen Versuchsanstalt für Handfeuerwaffen, Berlin-Halene, durchgebildete Gewehrlaufprüfer gestattet, de Stelle des Laufinnern so zu betrachten, als ob an die betreffende Stelle unmittelbar mit einer Lupe gerader Draufsicht beobachtet. Der Gewehrlaufprüfer esteht aus einem glatten, vernickelten Rohr von 5 mm Dmr. nd rd. 500 mm Länge, das ähnlich einem Sehrohr gebaut t. Bei einer drei- bis vierfachen Vergrößerung ist das esichtsfeld so groß, daß man beispielsweise bei einem auf mit Kleinkaliberbohrung (5,3 mm) ungefähr die Hälfte es Laufumfanges gleichzeitig übersieht. Zur Beleuchtung ient eine kleine Sonderglühlampe, die in einem rd. 750 mm ngen Rohr sitzt, in dessen Innern die Leitungsdrähte für ie Stromzuführung liegen. Die Stromquelle ist eine geöhnliche Taschenbatterie oder ein Akkumulator von 4 bis V Spannung.

Abb. 6. Neues Gerät zum Prüfen des Innern eines Gewehrlaufes

Von der einen Seite führt man in den zu untersuchenden Lauf die Beleuchtungseinrichtung, Abb. 6, von der andern Seite her das Beobachtungsrohr ein. Eine optische Einstellung oder Scharfstellung ist nicht erforderlich. Man sieht mit dem Gerät alle Gegenstände scharf, die unmittelbar vor dem Sehrohrkopf liegen; man sieht aber ebensogut alle weiter entfernten Gegenstände scharf. Deshalb eignet sich dieser Gewehrlaufprüfer ebenso zur Untersuchung der kleinsten Kaliber, wie auch für Schrotläufe und alle zwischen diesen Grenzen liegenden Bohrungen. Infolge der streifenden Beleuchtung erscheinen die kleinsten Mängel mit größter Schärfe, die feinsten Polierrisse sind deutlich sichtbar, selbst für einen ungeübten Beobachter. Man kann die einzelnen Züge und Felder in ihrem ganzen Verlauf untersuchen, ebenso das Patronenlager und den Übergang von diesem zum Lauf. Rißbildungen, Bohrringe, Werkstofffehler, Blei- und Nickelansätze sind genau zu erkennen. Das im Gerät erzeugte Bild kann mit einer Laboratoriumskamera mit langem Balgenauszug unmittelbar photographiert werden, Abb. 7 bis 12.

Um bei der Enge des zur Verfügung stehenden Raumes von 5 mm Dmr. genügende Helligkeit und das große Gesichtsfeld zu erzielen, mußte in das enge Rohr eine verwickelte Optik von sehr kleinen Ausmaßen eingesetzt werden. Nachdem die Schwierigkeiten überwunden sind, ge-

Abb. 7 bis **9.** Photographische Wiedergaben von im Innern eines Gewehrlaufes erzeugten Bildern

Abb. 10 bis **12.** Riß *a* im Kugellauf und durch den Riß verursachte Erhöhungen *b* auf der Oberfläche eines Geschosses

lingt es vielleicht, mit Hilfe des neuen Prüfgerätes Handfeuerwaffen von ganz besonders guter Beschaffenheit zu fertigen und die Schußleistung zu erhöhen. Auch für manche Zwecke des Maschinen- und Werkzeugbaues dürfte sich das Gerät mit Erfolg verwenden lassen, wenn es sich darum handelt, bei gezogenen Rohren oder tiefen engen Bohrungen Aufschluß zu gewinnen über die innere Beschaffenheit der Wandungen. Nach den bei der Herstellung gemachten Erfahrungen steht nichts im Wege, das Gerät mehrere Meter lang bei etwas größerem Durchmesser zu bauen, beispielsweise zur Untersuchung von Kesselröhren usw.

In der letzten Zeit ist der Gewehrlaufprüfer noch wesentlich verbessert worden, indem die Beleuchtungseinrichtung unmittelbar mit dem Beobachtungsrohr verbunden wurde. Dadurch wird der sonst erforderliche zweite Mann zur Bedienung überflüssig. Das Gerät wird von der Firma F. Staeger & Co., Berlin-Steglitz, gebaut. [M 2268]

Berlin-Steglitz F. Staeger

Berichtigung

Einflüsse auf den Wirkungsgrad von Wasserturbinen

In Z. Bd. 69 (1925) S. 417 muß Gl. (9) für den gesuchten Turbinenwirkungsgrad η' der Ausführung lauten:

$$\eta' = \left[1 - \left(1 - \frac{\eta}{\eta_m}\right)\left(\frac{D_0}{D_0'}\right)^{c_2}\left(\frac{H_n}{H_n'}\right)^{\frac{c_2}{2}}\right]\eta_m'.$$

Hierfür kann man auch schreiben

$$\eta' = \left[1 - \left(1 - \frac{\eta}{\eta_m}\right)\left(\frac{D_0\sqrt{H_n}}{D_0'\sqrt{H_n'}}\right)^{c_2}\right]\eta_m'.$$

c_2 kann in erster Annäherung gleich $^1/_4$ gesetzt werden.

München. [N 2721]

Dipl.-Ing. Franz Staufer

Kleine Mitteilungen

Wasserkraftwerk Tremorgio in Oberitalien

Die Anlage arbeitet als Spitzenkraftwerk zur Ergänzung des Werkes Biaschina in Bodio und hat bei 15 000 PS Höchstleistung 7 bis 8 Mill. kWh mittlerer jährlicher Energieerzeugung. Das mittlere ausnutzbare Gefäll beträgt 830 m. Der als Staubecken dienende See Tremorgio hat bei 55 m größter Tiefe und 360 000 m² Oberfläche insgesamt 11 Mill. m³ größten Rauminhaltes.

Vor dem eigentlichen Seeanstich mußten ein Grundablaßstollen von rd. 180 m Länge bei 1,80 × 1,50 m² Ausbruchquerschnitt sowie ein 34 m hoher ausgemauerter Schieberschacht von 2 m Innendurchmesser erbaut werden. Während der Seeanstich bereits 1917 und 1918 ausgeführt wurde, wurden die Druckleitungen zur Ausnutzung des Gefälles und das Krafthaus erst 1924 fertiggestellt. 1926 wurde das Kraftwerk durch Einbau einer Pumpenanlage mit zwei Hochdruck-Turbopumpen erweitert. („Schweizer. Bauzeitung“ 1. Januar 1927 S. 1*.) [N 17 a] Sd.

Das Fahrgastschiff „Almada“

Dieses Schiff ist von Cammel Laird & Co., Birkenhead, für die Blue Star-Line gebaut und kürzlich in Dienst gestellt worden. Das für die Verbindung von London mit Südamerika bestimmte Fahrzeug hat 155 m Länge, 20,7 m Breite, 23 300 t Wasserverdrängung, 14 000 t Raumgehalt, 12 500 m³ Inhalt der Kühlräume und Einrichtungen für 180 Fahrgäste erster Klasse. Als Antriebmaschinen sind zwei Parsons-Getriebeturbinen von zusammen 7600 Wellen-PS Leistung bei 2200 Uml./min vorgesehen, die dem Schiff eine Geschwindigkeit von 16 Kn erteilen. Es kann somit Buenos Aires in 18 bis 19 Tagen erreichen. Die Drehzahl von 2200 Uml./min wird durch ein einfaches Übersetzungsgetriebe auf 120 Uml./min der Schraubenwelle herabgesetzt. Der Kesseldruck beträgt 14 at. („The Engineer“ 31. Dezember 1926 S. 711.) [N 17 b] Schm.

Schieferbrechmaschine

In den Schiefersteinbrüchen bei Peterborough in England werden Versuche mit einer Gesteinbrechmaschine angestellt, die Zeit und Arbeitskräfte sparen soll. Gegen die abzutragende Gesteinwand legt sich ein Ausleger der Maschine, die aus einem kranartigen drehbaren Aufbau auf einem fahrbaren Untergestell besteht. Der Ausleger ist durch zwei Träger versteift, so daß eine Dreieckkonstruktion entsteht. Über das Dreieck läuft eine endlose Kette mit Brechhaken. Während der Arbeit dreht sich der überkragende Aufbau auf einer Drehscheibe des Untergestelles, so daß die Haken, die sich auf dem Ausleger mit der Kette von oben nach unten bewegen, die Schieferwand halbkreisförmig aushöhlen. Die Maschine bricht etwa 84 m³ Schiefer bei 27 m Wandhöhe (senkrecht gemessen). Die von einem 70 PS-Motor angetriebene Kette läuft dabei mit etwa 43 m/min um. („The Engineer“ 24. Dezember 1926 S. 694*.) [N 17 c] Kd. M.

Prüfraum für Schleuderversuche

Die Metropolitan Vickers Electrical Co. hat kürzlich ähnlich wie deutsche Fabriken bereits vor dem Kriege zur Prüfung von Läufern für Dampfturbinen, Wasserturbinen und Stromerzeugern bei Überdrehzahlen einen eigenen Prüfraum in Betrieb genommen, der als Tonnengewölbe aus Eisenbeton mit zwei durch Holz bewehrten Schiebetoren aus Eisenbeton gebaut ist und Läufer bis zu rd. 12 m Länge oder bis zu 4,4 m Dmr. aufnehmen kann. Die Prüfkörper werden auf besonderen Wagen eingefahren, die verankert werden, und mittels eines 1800 PS-Elektromotors und eines Rädergetriebes angetrieben, wobei Drehzahlen von 250 bis 21 000 Uml./min erreicht werden können. Zwischen dem Getriebe und dem Prüfkörper sind Sicherheitskupplungen eingeschaltet. Innen ist das Gewölbe des Prüfraumes mit Sandsäcken und Holzbalken bewehrt, die den Stoß etwa abgeschleuderter Maschinenteile dämpfen sollen. Die Anlage wird von einer in der Werkstatt gelegenen, völlig abgetrennten Betriebszelle aus gesteuert. („The Engineer“ 31. Dezember 1926 S. 722*.) [N 17 d] H.

Zugfestigkeit, Dehnung und Streckgrenze von Kesselrohren bei hohen Temperaturen und Drücken

Auf der Tagung der American Society of Mechanical Engineers berichteten Prof. A. E. White und C. L. Clark über die Ergebnisse ihrer Untersuchungen an Wasserrohren. Sie prüften nahtlose Rohre mit 0,13 vH Kohlenstoffgehalt bei Temperaturen bis rd. 820 °C und stellten fest, daß die Zugfestigkeit bis 260 ° zunimmt und dann plötzlich stark abnimmt. Die Dehnung nimmt umgekehrt bis 260 ° ab und steigt dann plötzlich und rasch an. Die Streckgrenze dagegen liegt um so tiefer, je höher die Temperatur ist.

Die gleichen Rohre wurden dann bei innerem Druck geprüft. Bei 820 ° und 7,5 kg/mm² Zugbeanspruchung blieb der Durchmesser völlig unverändert, obwohl der Versuch 540 h lang durchgeführt wurde, während sich der Durchmesser zwischen 540 und 680 ° erheblich erweiterte und die Zugfestigkeit nachließ, obwohl die Streckgrenze höher liegt als bei 820 °.

Die Versuche ergaben also, daß die Streckgrenze für die Festigkeit nicht immer maßgebend ist, namentlich bei Temperaturen von etwa 500 bis 700 °. („Power“ 14. Dezember 1926 S. 892.) [N 17 e] Pt.

Hobelmaschine mit 210 PS Leistung

Unter dieser Überschrift wurden auf S. 1502 in Heft 4[…] (1926) Einzelheiten über eine besonders große Hobelmaschine mitgeteilt. Wir werden darauf aufmerksam gemacht, daß ein Bericht über die gleiche Maschine bereits vor fast 17 Jahren (Januar 1910) in „Cassiers Magazine“ veröffentlicht ist. Um diese Zeit waren aber in Deutschland schon Hobelmaschinen in Betrieb, die statt der Druckluftumsteuerung umsteuerbare und regelbare Antriebmotoren hatten; die Maschinenfabrik Schieß, A.-G., in Düsseldorf hatte die ersten Maschinen dieser Art im Frühjahr 1908 fertiggestellt.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

orschungsarbeiten a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens, 277. H.: **Bördeln und Ziehen in der Blechbearbeitungstechnik.** Von Erich Ruhrmann. Berlin 1926, VDI-Verlag. 35 S. m. 36 Abb. Preis 6 M. — 286. H.: **Versuche über das Ziehen von Hohlkörpern.** Von Martin Sommer. Berlin 1926, VDI-Verlag. 94 S. m. 121 Abb. Preis 7,50 M.

Kurze Zeit nach den Arbeiten von Brasch[1]) und ellin sind zwei ernst zu nehmende Arbeiten auf dem isher so stiefmütterlich von der Forschung behandelten ebiet, der Zieharbeit, erschienen; die von Ruhrmann und on Sommer. Beide haben sich das gleiche Ziel gesetzt, doch ind sie ganz verschiedene Wege gegangen.

Ruhrmann beginnt seine Untersuchung beim Bördeln, richtiger Biegen, und legt diese Werte der weiteren etrachtung zugrunde. Wenn unstreitig auch beim Ziehen ine Biegebeanspruchung vorliegt, so muß man ihre Verindung mit der tangentialen Stauchkraft erst ermitteln, evor man sie über den Umfang integrieren kann. Außerem werden bei dem Gesetz über das Bördeln die Gesetze er Mechanik unterhalb der Elastizitätsgrenze auf Vorgänge berhalb der Fließgrenze übertragen, was unzulässig ist, a doch das angenommene lineare Gesetz zwischen Spanungen und Dehnungen nicht mehr gilt.

Bei der weiteren Behandlung wird statt vom einfachen Grundfall, Abb. 6, vom verwickelteren Fall, Abb. 7, ausegangen; die Verhältnisse bei der Krümmung über die Ziehkante, die nach Ruhrmann die Beziehung zum Bördeln arstellen, sind gar nicht behandelt. Aus diesen Gründen cheint die weitgehende Vereinfachung der Ansätze nicht er Wirklichkeit zu entsprechen, ebenso wie für die Anahme der „Quetschgrenze“ K mit etwa der halben Zugestigkeit des Bleches keine Unterlage erkennbar ist. Offenbar entstammen die Schaubilder bis einschließlich Abb. 22 nicht wirklichen Versuchen, sondern sie sind nur Darstellungen der abgeleiteten Gleichungen. Der einwandreie Nachweis für die Richtigkeit der Gleichungen und der angenommenen „Quetschgrenze“ kann wohl nur durch Messungen erbracht werden, die aus wirklichen Ziehveruchen stammen.

Ebenso scheint es nicht angebracht, Gl. 54 anzuehmen, wenn eine Meßvorrichtung für das Kraft-Weg-Diagramm vorhanden ist. Wenn trotzdem in Zahlentafel 5 gemessene und berechnete Arbeit zum Teil überraschend übereinstimmen, so wäre es wichtig, die gleichen Ziehversuche andern Versuchen mit denselben Werkzeugen und an demselben Baustoff bei genauer Kraftmessung auf einer Materialprüfmaschine gegenüberzustellen, um so mehr als das verwendete Blech Unterschiede bis zu rd. 6 vH in der Zerreißfestigkeit und bis zu 9 vH in der Streckgrenze aufweist.

Wertvoll wäre auch gewesen, in Zahlentafel 6 die „Quetschgrenze“ für die Versuchsbleche zu finden, zumal Schwingungserscheinungen und die offenbar geringen Abmessungen der Diagramme eine Nachprüfung sehr erschweren.

Die Arbeit von Sommer untersucht die Vorgänge beim Ziehen auf streng mechanischer Grundlage und bestimmt die dabei auftretenden Beiwerte aus Ziehversuchen, die nach sorgfältiger Messung aller in Betracht kommenden Größen in einer Materialprüfmaschine angestellt wurden. Demnach ist nur noch die Übertragbarkeit der gefundenen Gesetze auf die mit großer Geschwindigkeit arbeitende Ziehpresse zu untersuchen, und diese Versuche wären das nächste Ziel der Forschung.

Die verschiedenen Beziehungen sind hier durch Versuche bestimmt worden, wodurch sie für die Weiterforschung ihren Wert behalten, selbst wenn ein anderer einfacherer Rechnungsweg gefunden werden sollte.

Die geometrischen Beziehungen zwischen Ziehtiefe, Ziehwinkel und Blechverschiebung sind ohne allgemeine, willkürliche Annahmen festgelegt und bilden die Grundlage für die Hauptarbeit, die Berechnung der Ziehkraft auf Grund der Beziehung zwischen Dehnung und Spannung, deren Gesetze eben durch Versuche und nicht durch Annahmen abgeleitet werden. Daran schließt sich die Beschreibung der Versuchseinrichtung und der Versuche.

Den Schluß bilden zwei Rechnungsbeispiele, deren Ergebnisse den Unterschied zwischen Rechnung und Versuch zeigen. Die Größe dieses Unterschiedes spricht bei der Schwierigkeit des Problems viel eher für die Richtigkeit des von Sommer begangenen Weges als eine vielleicht zufällige Übereinstimmung.

Die in dieser sehr ernst zu nehmenden Arbeit gezeigten Wege sind keineswegs einfach und liefern auch keine bequemen Überschlagswerte für die Praxis, aber sie zeigen die Lösung dieser schwierigen Aufgabe aus dem Gebiet der Kaltbearbeitung. [E 2645] Kurrein

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 141.

Heat Transfer and Evaporation. Von W. L. Badger. New York 1926, The Chemical Catalogue Co. 306 S. m. 108 Abb. Preis 5 $.

Der Verfasser macht selbst darauf aufmerksam, daß dem Buch der einheitliche Charakter fehlt. Beim Schreiben hat er den Plan geändert und so an sechs einleitende Kapitel über den Wärmeübergang, die stark wissenschaftlich gerichtet sind, ziemlich unvermittelt acht praktische für den Konstrukteur und Betriebsmann angefügt.

Beiden Teilen eigentümlich aber ist eine frische Schreibweise, eine kurze und klare Darstellung, der auch der Humor nicht fehlt. Es sei z. B. ein Satz aus dem Schluß des 6. Kapitels (Heat transfer between solids and condensing vapors, especially steam) angeführt: „Die bisherigen Arbeiten haben gerade soviel Licht gebracht, um die Dunkelheit sichtbar zu machen.“

Aus dem Inhalt seien Kapitel 7 über den Entwurf von Heizkörpern und die Kapitel 9 (Wärmeübergang in Verdampfern) sowie 10 und 11 (Vielfachverdampfer) hervorgehoben. Kapitel 9 und 10 enthalten viele eigene Erfahrungen und Forschungen des Verfassers. Am Schluß von Kapitel 9 betont er mit einem gewissen Stolz den großen Anteil der Vereinigten Staaten an der Entwicklung von Verdampfern. In Kapitel 10 sind auch die Wärmepumpen behandelt. Von den Verzeichnissen am Schluß des Buches sei das reichhaltige Patentverzeichnis besonders erwähnt.
[E 2566] Max Jakob

Die Kunstseide. Von F. Rheinthaler. Berlin 1926, Julius Springer. 165 S. m. 102 Abb. Preis 14,40 M.

Das vorstehende Werk bedeutet eine willkommene Bereicherung der Kunstseidenliteratur; es gibt einen klaren Überblick über die Verarbeitung des Rohstoffes bis zur Erzeugung der fertigen Kunstseide. Die verschiedenen Verfahren, Kunstseide herzustellen, werden beschrieben, und ein besonderes Kapitel behandelt das am meisten gebräuchliche Viskoseverfahren. Wenn auch die technischen Einrichtungen mit Rücksicht auf den beschränkten Umfang des Buches nicht erschöpft werden konnten, so kann man doch einen tiefen Einblick in den Werdegang der Kunstseide tun.

Ein Teil des Werkes behandelt die Eigenschaften und die Prüfung der Kunstseide; in diesem Teil findet man Untersuchungsergebnisse, die im allgemeinen weniger bekannt sind. Besonders wertvoll ist die Wiedergabe von Querschnitten der verschiedenen Kunstseiden. Auch Stapelfaser und Kunstroßhaar und andre seidenglänzende Fasern werden erwähnt. Zum Schluß werden wirtschaftliche und statistische Angaben gemacht, die einen Überblick über den derzeitigen Stand der Kunstseidenindustrie geben. Ein Inhaltsverzeichnis und ein alphabetisches Sachverzeichnis erleichtern den Gebrauch des Buches.
[E 2539] Obering. E. Wurtz

Die Technik der Schaufensterbeleuchtung. Von Putnoky. Osram-Lichtheft B. 10. Berlin 1926, Osram G. m. b. H. 80 S. m. zahlr. Abb. Preis 1 M.

In der Reihe der Osram-Lichthefte verfolgt die Arbeit Putnokys den Zweck, eine allgemeinverständliche Darstellung der Ansprüche an die künstliche Beleuchtung von Schaufenstern zu geben, damit sie ihren Bestimmungszweck wirklich erfüllen können.

Zunächst werden die allgemeinen Gesichtspunkte entwickelt, und zwar unter Berücksichtigung der Beleuchtungsstärke, der Blendung, der Konzentration der Aufmerksamkeit, des Richtungssinnes, der Wirtschaftlichkeit, der Sonderleuchtwirkung und des künstlichen Tageslichtes. Auf Grund der sich hierbei ergebenden Gesichtspunkte werden sodann die verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten der Lichtquellen eingehend untersucht, wobei zweckmäßig gewählte schematische Darstellungen und gleichzeitig auch Photographien desselben Schaufensters mit den verschiedenen Beleuchtungsarten zu Hilfe genommen werden. Hierdurch wird die Forderung begründet, daß für jede Schaufensterbeleuchtung nur eine verdeckte Anordnung der Lichtquellen in Betracht kommt. Aus den Beispielen ist dann auch zu entnehmen, welche Art von Leuchten jeweils die günstigste Wirkung zu erzielen vermag.

Ein Schlußkapitel ist den Sonderleuchtwirkungen gewidmet; bei diesen handelt es sich darum, die plastische Wirkung zu erhöhen, einzelne Gegenstände besonders herauszuheben und farbige Sonderbeleuchtung zur Geltung zu bringen. Die überaus sorgfältige und fleißige Arbeit ist von starker Überzeugungskraft. Niemand, der mit der Beleuchtung von Schaufenstern zu tun hat, darf an ihr vorübergehen. [E 2520] lx.

Taschenbuch für Schiedsrichter und Parteien. Von Eugen Müllendorff. 3. Aufl. Berlin 1926, Carl Heymann. 159 S. Preis 5 *M.*

Die zunehmende Bevorzugung des Schiedsgerichtsverfahrens gegenüber den ordentlichen Gerichten, vor allem in Streitfällen technischer Art, gestaltet auch die Nachfrage nach Veröffentlichungen über diesen Zweig der Rechtspflege von Jahr zu Jahr größer, vor allem, wenn das Schiedsgerichtsverfahren nicht nach einer besondern, von den Parteien anerkannten Schiedsgerichtsordnung ausgetragen werden soll (z. B. die Schiedsgerichtsordnung des Deutschen Ausschusses für das Schiedsgerichtswesen, in der auch die von den Schiedsrichtern von Gesetzes wegen zu beachtenden Verfahrenvorschriften mit verarbeitet sind), sondern wenn im Vertrag ganz allgemein ein Schiedsverfahren vereinbart ist. Dann gelten hierfür allein die Bestimmungen der Zivilprozeßordnung (ZPO), deren Auslegung gründliche Kenntnisse fordert, da von der ordentlichen Befolgung dieser zum Teil zwingenden Vorschriften die Rechtsgültigkeit des Schiedspruches oder Vergleiches abhängt.

In Kommentaren zur ZPO findet man schon Aufklärung über einige Zweifelsfragen des Schiedsgerichtsverfahrens. Da aber der Schwerpunkt der ZPO im ordentlichen Gerichtsverfahren liegt, so sind auch in der Regel die Kommentare darauf eingestellt; insbesondere wenden sie sich vornehmlich an den Juristen.

Das vorliegende, im Auftrage des Vereines Beratender Ingenieure herausgegebene Taschenbuch wendet sich in erster Linie an die Nichtjuristen. Es enthält neben einer Einführung über die gesetzlichen Grundlagen, den Zweck und die Bedeutung der schiedsrichterlichen Verfahren eingehende Ausführungen über das Verfahren selbst, über seine Vorbereitung, Durchführung, Störung und Beendigung bis zur Zustellung und Niederlegung des Schiedspruches. Von besonderem Wert sind die in der Anlage aufgeführten gesetzlichen Bestimmungen, die die Beschaffung der Gesetze ersparen, sowie die angeführten Musterbeispiele, z. B. über Zeugenvernehmung, Schiedspruch, Zustellung usw. Gerade diese oft als unwesentlich angesehenen Arbeiten bereiten Schiedsrichtern, die nicht berufsmäßig, sondern nur gelegentlich ein Schiedsverfahren zu leiten haben, meist einige Schwierigkeiten. [E 2507] Dr. Fr.

Die deutsche Wirtschaft und die Zulassung der Patentsachwalter. Von Rob. Jungmann, Berlin 1926, Carl Heymanns Verlag. 13 S. Preis 1 *M.*

Verfasser schlägt ein Gesetz zur Abänderung des § 35 der Reichsgewerbeordnung und eine Ergänzung des Gesetzes betreffend die Patentanwälte vor, wonach die Zulassungsbefugnis des Präsidenten des Reichspatentamtes an die Stelle der bisherigen Ausschließungsbefugnis gesetzt werden soll.

Der Patentanspruch. Von E. Müller. Berlin und Leipzig 1925, Walter de Gruyter & Co. 93 S. Preis 4 *M.*

Von den drei Abschnitten des Buches stellt der erste die Elemente patentrechtlichen Denkens klar, der zweite befaßt sich mit dem Aufbau des Patentanspruches und der dritte mit der Auslegung des Patentanspruches. Auch der Ingenieur, der nicht mit dem gewerblichen Rechtschu vertraut ist, erhält so Einblick in das Patentwesen. D Büchlein berücksichtigt weitgehend die Praxis des Pater amtes und bringt Beispiele und Entscheidungen; es ka den Ingenieuren empfohlen werden.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwese 287. H.: **Kritische Drehzahlen als Folge der Nachgiebi keit des Schmiermittels im Lager.** Von Charles Hun mel. Berlin 1926, VDI-Verlag. 48 S. m. 50 Abb. Pr 3,80 *M.*

Die Schleifscheibe, ihre Wahl und Behandlung. Bearb. v Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AwF) unter M arbeit d. Vereines deutscher Schleifmittelwerke E. 2. Aufl. Berlin 1926, Beuthverlag. 20 S. m. einz. Al Preis 0,75 *M.*

Die Kraftfelder in festen elastischen Körpern u. ihre pra tische Anwendung. Von Th. Wyss. Berlin 1926, Juli Springer. 368 S. m. 432 Abb. u. 35 Taf. Preis 25,50

Feuchtigkeitsmessung. Von Hermann Bongards. Mü chen und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 322 S. m. 126 Al Preis 19 *M.*

Technische Hydrodynamik. Von Franz Prašil. 2. ne bearb. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 303 S. 109 Abb. Preis 24 *M.*

Geschichte der Optik. Von Edmund Hoppe. Leipz 1926, J. J. Weber. 263 S. m. 20 Abb. Preis 7 *M.*

Wage scales and job evaluation. Von Merrill R. Lo New York 1926, The Ronald Press Co. 161 S. Preis 5

Dörentruper Sand- und Thonwerke, G. m. b. H., Dörentr (Lippe). Zum 25jährigen Bestehen. 1901 bis 1926. Düss dorf 1926, A. Bagel. 48 S.

25 Jahre Minimax. Eine Sammlung zeitgenössischer R klame. Berlin 1926, Minimax-A.-G.

Ratgeber für Bauführer und Poliere im Eisenbetonbau. V Richard Hoffmann. Berlin 1926, Wilh. Ernst & Sol 62 S. m. 70 Abb. Preis 2,40 *M.*

Riduttori. Principii-Materiali-Calcolo-Esempi. Von Ot rino Pomini. Milano 1927, Ulrico Hoepli. 561 S. 388 Abb. Preis 58 L.

Lebensarbeit in der Industrie. Von Eugen Rosenstoc Berlin 1926, Julius Springer. 88 S. Preis 4,80 *M.*

Entwicklung der Reklame vom Altertum bis zur Geg wart. Von Erwin Paneth. München und Berlin 19 R. Oldenbourg. 245 S. m. 168 Abb. Preis 12,50 *M.*

Jakob Fugger; der Reiche aus Augsburg. Von E. Rei hardt. Berlin 1926, Struppe & Winckler. 186 S. Pr 7,50 *M.*

Bibliothek des Radio-Amateurs, 25. Bd.: **Die Hochanten** Von Friedrich Dietsche. Berlin 1926, Julius Spri ger. 113 S. m. 110 Abb. Preis 3,90 *M.*

Der Kleine Brockhaus. Handbuch des Wissens in ein Bande. 7. bis 9. Lfg. je 80 S. m. zahlr. Abb. Leip 1926, F. A. Brockhaus. Preis je Lfg. 2,10 *M.*

Hilfsbuch für Elektropraktiker. Begr. von H. Wietz u C. Erfurt. Neubearb. von H. Krieger, B. Köni mann u. H. Sachs. 2. T. Leipzig 1926, Hachmeister Thal. 394 S. m. 238 Abb. Preis 3,80 *M.*

Das gute Inserat. Sammlung wirkungsvoller Textanzeig gesetzt mit Schriftzeichen der Bauerschen Gieße 25 Blatt. Frankfurt a. M.

Minerva-Atlas. Handatlas für das deutsche Volk. Herau von Ernst Friedrich. Leipzig 1926, Max Lippo 404 S. Preis 45 *M.*

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 22. JANUAR 1927 NR. 4

Großrüttler

Von Prof. Dipl.-Ing. U. Lohse, Hamburg

Wirkungsweise des Rüttelverfahrens — Grundsätzlicher Aufbau der Rüttler — Fülleinrichtungen — Bauformen und Wirkungsweise von vier verschiedenen neuzeitlichen Großrüttlerarten deutscher Bauart, bei denen gerüttelte Form und Modell mechanisch getrennt werden.

a Rüttler
b Abhebezylinder
c Wenderahmen
d Modellplatte
e Formkasten
f Sandfüllrahmen
g Formwagen
h Zuteilvorrichtung
i Becherwerk
k Eisenausscheider
l Polygonsieb
m Sandbehälter
n Schwenkzylinder

Siebrückstände

Eisen

Abb. 1 und 2
Formmaschine der Badischen Maschinenfabrik Durlach

Vor etwa 15 Jahren begannen die deutschen Gießereien, ihre Aufmerksamkeit einem Sandverdichtungsverfahren zuzuwenden, das sich damals schon seit mehreren Jahren in den Vereinigten Staaten von Amerika entscheidende Erfolge zu erringen verstanden hatte. Bei diesem Verfahren hebt man die Modellplatte mit darauf befestigtem sandgefülltem Formkasten einige Millimeter an und läßt sie dann auf Stoßflächen herunterfallen. Beim Zusammenprallen der Platte mit der festen Unterlage verdichtet sich der Sand im Formkasten dadurch, daß die oberen Sandschichten auf die unteren drücken und sie zusammenpressen. Nur wenige Sekunden genügen, um selbst Formen größter Abmessungen auf diesem Wege herzustellen. So ist z. B. eine Form von $5 \times 2{,}5\,m^2$ lichter Kastenfläche in 10 s verdichtet. Das Wesen dieser Art von Sandverdichtung hat zur Folge, daß die unteren Sandschichten, die das Modell umschließen, am festesten werden, während die Dichte der andern nach dem Rücken der Form hin allmählich abnimmt. Es wird also eine Verdichtungsart erreicht, wie sie der Handformer beim Stampfen auch erreichen soll, damit die sich beim Gießen stets bildenden Gase, deren Spannung an den Wänden der Hohlform naturgemäß am größten ist, ohne Schwierigkeit entweichen können. Die Vorzüge des Rüttelns treten um so mehr in Erscheinung, je höher die herzustellenden Formen sind.

Die ersten deutschen Rüttler waren nach amerikanischen Vorbildern gebaut. Im Laufe der Jahre haben die deutschen Sonderfirmen indessen die ursprüngliche Gestalt nicht unwesentlich verändert und sie Verhältnissen und Anforderungen der heimischen Gießereiindustrie angepaßt. Während man in den Vereinigten Staaten von Amerika die Großrüttler meist ohne besondere Abhebevorrichtungen[1]) baut und die gerüttelten Formen mit dem Kran von der auf dem Rütteltisch befestigten Modellplatte abhebt, was bei den Anforderungen, die an das Aussehen

[1]) Vergl. a. Lohse: Amerikas Gießereiwesen. Berlin 1926, VDI-Verlag.

großer Gußstücke gestellt werden, scheinbar ausreicht, haben die deutschen Rüttler ausnahmslos Abhebevorrichtungen, die die gerüttelte Form sauber von dem Modell auf mechanischem Wege trennen.

Bei den großen Formgewichten, bis zu 25 000 kg, die auf Großrüttlern behandelt werden, ergeben sich selbst bei den kleinen Rüttelhüben von höchstens rd. 100 mm Stoßwirkungen, die gewaltige Erschütterungen der Gießereigebäude hervorrufen würden, selbst wenn man sie auf Gründungen, wie sie bei Dampfhämmern üblich sind, stellen würde. Wollte man also auf dem angedeuteten Wege große Sandmengen in einem Formkasten verdichten, so müßte dafür gesorgt werden, daß der Stoß von der Maschine selbst auch wieder aufgefangen wird. Das älteste und am meisten angewandte Verfahren besteht darin, daß man den Rüttelstoß nicht unmittelbar auf dem Rüttelzylinder selbst zur Wirkung kommen läßt, vergl. Abb. 3 bis 6, sondern einen massigen Amboß dazu benutzt, den man zwischen Rütteltisch und Zylinder auf starken Schraubenfedern stehend in schwebendem Zustand erhält. Eine andre Möglichkeit, vergl. Abb. 14, besteht darin, daß man den ganzen Rüttler auf eine mittels Druckluft und Federung elastisch gemachte Unterlage stellt, die zwischen Gründung und Maschine eingebaut den Stoß auffängt.

Die Großrüttler werden ausschließlich mit Druckluft betrieben, die mit einem Druck von 6 bis 7 kg/cm² durch Ventile oder Kolbenschieber mit oder ohne zwangläufige Steuerung in den Rüttelzylinder eintritt, um nach Erreichen des gewünschten Rüttelhubes in die freie Atmosphäre wieder auszutreten.

Versuche, die aus dem Rüttelzylinder austretende Druckluft unmittelbar wieder für den nächsten Rüttelhub auszunutzen, um so an Druckluft zu sparen, sind wiederholt gemacht worden, ohne nennenswerte Ergebnisse zu zeitigen. Sie müssen zur Vergrößerung der Zahl der bewegten Teile führen und beeinträchtigen die Einfachheit der Maschine. Auf eine solche muß aber schon mit Rücksicht auf die Umgebung, in der die Rüttler arbeiten, und die rauhe Behandlung, der sie ausgesetzt sind, ganz besonderer Wert gelegt werden. Es wäre unwirtschaftlich, auf Kosten der Einfachheit der Maschine einige Kubikmeter Druckluft sparen zu wollen, wenn die Instandhaltung des Rüttlers teurer wird als die Erzeugung des gegebenenfalls ersparten Betriebsmittel, zumal, wenn man dabei noch Gefahr läuft, daß infolgedessen öfter Instandsetzungsarbeiten an den empfindlichen Teilen notwendig werden, die den Rüttler kürzere oder längere Zeit stillsetzen.

Je größer die Anzahl der Formen ist, die in einer gewissen Zeiteinheit auf dem Rüttler hergestellt werden können, um so besser ist seine Ausnutzung. Die eigentliche Sandverdichtungsdauer ist nur sehr kurz, während das Abheben der gerüttelten Form von der Modellplatte und das Füllen, namentlich bei großen Kästen, längere Zeit erfordert. Da das Abheben nicht zu plötzlich und schnell vorgenommen werden darf, wenn man nicht Formteile beschädigen will, so ist hierbei auch bei weiterer Verbesserung der mechanischen Formaushebung eine nennenswerte Zeitersparnis wohl kaum noch zu erwarten. Anders liegt die Sache beim Füllen des auf der Rüttelmodellplatte befestigten Formkastens mit Sand. Bei großen Formen dauert das Einschaufeln von Hand ziemlich lange.

Abb. 3 Abb. 4 Abb. 5 Abb. 6

Abb. 3. Ruhelage Abb. 4. Eintritt der Druckluft
Abb. 5. Größter Hub, sodann Luftaustritt und dadurch Bewegungsumkehr
Abb. 6. Aufprall des Kolbens auf den Amboß

Abb. 3 bis 6. Arbeitsweise der stoßfreien Rüttelmaschine der Badischen Maschinenfabrik

a Rütteltisch *b* Rüttelkolben *c* Amboß *d* Maschinengründung

Abb. 7. Stoßfreier Rüttler von 800 kg Hubvermögen

Bei den Großrüttlern sind daher geeignete Füllvorrichtungen vorzusehen, die schnell große Sandmengen in die Kästen einbringen, vergl. Abb. 1, 2 und 22.

Im folgenden sollen vier neuere Großrüttler behandelt werden, die sich in der Praxis bewährt haben und als hochwertige Erzeugnisse des deutschen Maschinenbaues anzusprechen sind.

Die allgemeine Anordnung einer Rüttelmaschine[2]) mit Stoßfang und 800 kg Hubvermögen, selbsttätiger Wende- und Abhebevorrichtung in Verbindung mit Füllvorrichtung zeigen Abb. 1 und 2. Die eigentliche Rüttelmaschine, Abb. 3 bis 6, ist durch schematische Skizzen in den verschiedenen Hauptstellungen wiedergegeben, sie besteht im wesentlichen aus dem Rütteltisch *a*, der die Modellplatte nebst Formkasten aufnimmt und auf dem Rüttelkolben *b* sitzt, dem auf Schraubenfedern ruhenden Amboß *c*, der gleichzeitig den Zylinder für den Kolben *b* bildet, und dem zylindrischen Gehäuse *d*, in dem sich der Amboß *c* führt. Sobald der zwangläufig gesteuerte Kolbenschieber — nicht gezeichnet — bei der in Ruhelage, Abb. 3, befindlichen Stellung der genannten Teile zueinander Druckluft unter den Rüttelkolben *b* treten läßt, Abb. 4, werden zunächst die Schraubenfedern zusammengedrückt, worauf sich alsbald der Kolben mit dem Rütteltisch *a* zu heben beginnt. Demnach führen jetzt *b* und *c* entgegengesetzte Bewegungen aus, bis *c* in seine tiefste, *b* in seine höchste Lage, Abb. 5, gelangt. Jetzt gibt die Steuerung den Luftauslaß frei, die Schraubenfedern entspannen sich und schleudern den Amboß *c* nach oben, während gleichzeitig der Kolben *b* herunterfällt. Beide kehren also ihre Bewegungsrichtungen um und prallen freischwebend aufeinander, Abb. 6. Der Rüttelstoß wird von dem Amboß *c* aufgenommen, ohne daß die Gründung durch ihn beansprucht wird.

Bei einem solchen Rüttler, Abb. 7, sind der besseren Zugänglichkeit wegen die Tragfedern des Ambosses nach außen oben an das Amboßgehäuse verlegt und in Büchsen geführt. An die Steuerstange mit Kolbenschieberkasten schließt sich die elastische Druckluftleitung an. Die an das zylindrische Gehäuse seitlich angegossenen beiden Rippenteile mit senkrechten Arbeitsflächen dienen zur Aufnahme der Kolbenführungen für die Abhebevorrichtung.

Zum Trennen von gerüttelter Form und Modell werden bei diesen Großrüttlern fast ausnahmslos Wendevorrichtungen benutzt. Der wagerecht neben dem Rüttler angeordnete Abhebezylinder *b*, Abb. 1 und 2, arbeitet gleichfalls mit Druckluft. Die aus ihm herausragende und gut geführte Kolbenstange ist mit je zwei Zugstangen, Kreuzhebel und Lenker mit beiden Querhäuptern gelenkig verbunden, die unten an senkrechten Stangen sitzen. Diese Stangen tragen an ihrem oberen Ende paarweise die Zapfenlager des Wenderahmens und sind durch Rollen in seitlichen Gleitbahnen genau geführt. Geht die Kolbenstange des Abhebekolbens nach rechts, so bewegt sich

[2]) Ausführung: Badische Maschinenfabrik, Durlach.

Abb. 8. Gewendete Form in höchster Stellung

r Wenderahmen nach oben. Gleichzeitig wird die odellplatte von selbst mit ihm gekuppelt und durch Vermittlung von Kettenrollenzügen gewendet. Hat der Rahmen seine höchste Stellung erreicht, so hat sich die Form u 180° gedreht, Abb. 8. Der Formwagen wird jetzt nter die Form geschoben, die Luft aus dem Abhebezylinder herausgelassen, und die Form sinkt auf die Wagenplattform herunter. Nach Lösen der Verbindung on Kasten und Modellplatte wird erneut Druckluft in n Abhebezylinder eingelassen, der Wenderahmen geht ieder nach oben, wobei Modell und Form getrennt werden, und dreht sich in die Ausgangstellung, Abb. 1 und 2, zurück, worauf sich die Modellplatte wieder auf den Rütteltisch aufsetzt, nach selbständigem Lösen ihrer Verbindung mit dem Wenderahmen.

Die Füllvorrichtung, Abb. 1 und 2, besteht aus der Zuteilvorrichtung *h*, einem Becherwerk *i*, einem elektromagnetischen Eisenausscheider *k*, einem Polygonsieb *l* und einem ausschwenkbaren Behälter *m*. Die Formkästen werden nach dem Abgießen über dem Rost der Zuteilvorrichtung ausgeschlagen. Nach Bedarf wird dem Altsand zur Auffrischung etwas neuer Sand zugegeben und angefeuchtet. Der unter dem Rost angeordnete Trichter führt durch die Zuteilvorrichtung nur so viel Sand dem Becherwerk zu, als es fördern kann, so daß es sich nicht verstopft. Das Becherwerk hebt den Sand und schüttet ihn über den Eisenausscheider in das Polygonsieb, das den gesiebten Sand in einen vorschwenkbaren Blechbehälter fallen läßt, während die Siebrückstände durch einen Abfallschlauch nach außen gelangen. Ein durch Druckluft betätigter Kolben schwenkt dann mechanisch die Sandbehälterschnauze über den auf der Modellplatte des Rüttlers stehenden Formkasten.

Soll der Formkasten gefüllt werden, so wird bei vorgeschobenem Behälter — gestrichelt, Abb. 2 — der Rundschieber geöffnet, und der Sand fließt unmittelbar in den Formkasten. Ist er gefüllt, so kehrt der Behälter nach Öffnen des Steuerventils in seine Ruhelage zurück.

Nach Angaben der Erbauerin verbraucht der Rüttler zum Rütteln einer Kastenhälfte etwa 0,3 m³ Luft von 6 bis 7 kg/cm² Druck, während zum einmaligen Hochgehen des Wenderahmens weitere 0,3 m³ gebraucht werden, und zwar bei einem Rüttler von 800 kg Hubvermögen. Bei 1500 kg Hubvermögen sind je 0,4 m³ notwendig und bei 2500 kg Hubvermögen je 0,5 m³.

Abb. 9 bis 11
Einständerrüttler von Gustav Zimmermann, Rath

a Rüttler *b* Abhebezylinder *c* Kolbenführung *d* Gabelrahmen
e, *f* Wendezylinder *g* Wenderahmen *h* Formwagen

Abb. 12. Einständer-Rüttler, Seitenansicht in Wendestellung

Abb. 13. Einständerrüttler, Rückansicht in Wendestellung

Ein Kastenteil von 1000 × 800 × 400 mm³ wird auf einem Wendeplattenrüttler mit 800 kg Hubvermögen in 4 min hergestellt, für die gleiche Maschinenart mit 1500 kg Hubvermögen und 1000 × 1200 mm² Kastenfläche beträgt sie 5 bis 6 min und für eine solche mit 2500 kg Hubvermögen etwa 8 min. Nach Mitteilungen der Badischen Maschinenfabrik sind diese guten Leistungen im praktischen Gießereiwesen anstandlos erreicht worden.

Der Wendeplattenrüttler[3]), Abb. 9 bis 11, beansprucht durch seine Einständer-Modellaushebung besonderes Interesse deshalb, weil der Rüttler leicht zugänglich ist und der Raum über dem Rüttler freibleibt. Zum Sandverdichten wird der Rüttler *a*, Abb. 9 bis 11, dessen Bauart der in Abb. 3 bis 6 erläuterten ziemlich ähnlich ist, benutzt. An ihm ist seitlich ein langer senkrechter Abhebezylinder *b* befestigt. Sein Kolben hat einen nach unten verlängerten verjüngten Teil, der in einem entsprechenden Zylinderteil *c* nochmals geführt ist. Durch diese lange Kolbenführung ist die Sicherheit eines genau senkrechten Abhebens, die Grundbedingung für einwandfreies Trennen von Form und Modell, auch bei einseitig exzentrischer Belastung des Kolbens durch den Wenderahmen erfüllt. Die aus Stahlguß hergestellte Gabel *d* trägt in zwei Zapfenlagern den Wenderahmen *g*, der während des Abhebens, Wendens und Absenkens der gerüttelten Form mit der Modellplatte verriegelt wird. Während des Rüttelns wird diese Verriegelung gelöst, so daß die Modellplatte mit darauf festgekeiltem Kasten den Bewegungen des Rütteltisches frei folgen kann.

Die Platte kann man durch einen Kettenzug wenden, der um ein auf der Wenderahmenachse sitzendes Kettenrad geschlungen ist und mit seinen beiden Enden an den Kolbenstangen je eines wagerecht am Gabelrahmen befestigten Druckzylinders *e* und *f* befestigt ist. Der Abhebekolben und der Wendekolben werden durch Druckluft, die auf eine Ölfüllung wirkt, um die nachteiligen Wirkungen der Expansionserscheinungen aufzuheben, betätigt.

Abb. 12 und 13 zeigen den Einständer-Rüttler von der Seite und von hinten während des Wendens der mit dem Rahmen verriegelten Modellplatte.

Bei einem andern Rüttler[4]), Abb. 14, ist die Stoßfangeinrichtung in die Grundplatte gelegt; er wird bei einer über 1500 kg betragenden Hubkraft verwendet, während bei kleineren Hubkräften Rüttler und Seitenständer auf einer gemeinsamen Grundplatte vereinigt werden. In Abb. 14 stehen die Seitenständer, in denen die Tragkolben *f* für die Wendeplattenlager geführt sind, auf Spannplatten *h* und können beiderseits seitlich herausgerückt werden, wodurch man größere schmiedeiserne Wendeplatten und zugehörige Formeinrichtungen verwenden kann. Bei den kleineren Maschinen sind die Grundplatten selbst an beiden Enden nach Art von Spannschienen ausgebildet, um auch bei ihnen einen [ge]wissen Spielraum in der Größe der Modellplatten zu ha[ben].

Der starkwandige Rüttelzylinder *a* bildet gleichze[itig] den Amboß für die Aufnahme der Rüttelstöße. Er [ist] unten glockenartig erweitert und über einen mit [der] Grundplatte aus einem Stück bestehenden senkrech[ten] Kolben *c* mit Doppelboden geschoben. Der Hohlra[um] dieses Doppelbodens steht durch Bohrungen mit [dem] Raum zwischen Kolben- und Zylinderboden in Ver[bin]dung. Wird Druckluft unter den Boden des Rü[ttel]zylinders gelassen, so bilden sich demnach zwei L[uft]kissen. Der Rüttler wird entsprechend der Spannung [der] Rüttelzylinder und Grundplatte miteinander verbinden[den] Federverschraubungen etwas angehoben und ruht [aus]schließlich auf einem doppelten Luftkissen, das die St[öße] voll aufnimmt. Erst dann wird die Druckluft unter [den] Rüttelkolben *b* gelassen und der Sand in dem Formka[sten] über der auf der Wendeplatte befestigten Modellpl[atte] verdichtet. Eine besondere Steuerung ist nicht vorh[an]den, vielmehr tritt die Luft aus Öffnungen in der W[and] des Rüttelzylinders aus, die bei jedem Hubende von [der] Unterkante des Kolbens überlaufen werden.

Die Seitenständer, auf deren Kolben die Lager [der] Wendeplatte *d* sitzen, dienen nur als Führungen, w[äh]rend der große Mittelkolben außer der Rüttelarbeit [auch] alle Hub- und Senkbewegungen ausführt, die zum Tren[nen] von Form und Modell notwendig sind. Nach beendig[...]

Abb. 14. Rüttelformmaschine von Leber & Bröse, Kob[lenz], mit Stoßfangeinrichtung in der Grundplatte

a Rüttelzylinder, gleichzeitig Amboß
b Rüttelkolben
c Stoßfangkolben
d Wendeplatte
e Zapfenriegel
f Wendeplatten-Tragkolben
g Tragkolbenführung
h Spannplatten
i Wendevorrichtung
k Formwagenschienen

[3]) Erbauer: Maschinenfabrik Gustav Zimmermann, Düsseldorf-Rath
[4]) Erbauer: Leber & Bröse, Koblenz.

linten: Kasten mit Füllahmen, fertig zum Rütteln – Vorn: gerüttelte Form mit gerütteltem Kern

Maschine im Hochstand mit geschwenkter Wendeplatte — Senken des Formkastens — Formwagen noch nicht untergefahren

Hinten: Maschine in Endstellung — Zurückschwenken der Wendeplatte — Vorn: Formwagen mit Form herausgefahren

Abb. 15 bis 17. Rüttelformmaschine mit Stoßfangeinrichtung in der Grundplatte

ütteln wird die Wendeplatte durch den Rütteltisch in e höchste Lage gehoben, dort festgehalten und um 180° wendet, so daß die Form unter ihr hängt. Dann wird r (nicht gezeichnete) Formwagen über den Rütteltisch fahren und durch erneutes Hochgehen des Tisches mit iner Plattform gegen den Formrücken gedrückt. Nach ösen der die Form mit der Modell- bzw. Wendeplatte rbindenden Keile steht nunmehr die Form auf der agenplatte und wird auf dieser stehend durch erneutes nken des Rütteltisches von dem Modell getrennt.

Abb. 15 bis 17 zeigen die Maschine in drei kennzeichnden Stellungen während des Verlaufes eines Formvorngs. Dieses Absenkverfahren arbeitet einfach und genau.

Als Wendevorrichtung wird ein Schneckentrieb beutzt, der weniger Wendearbeit leisten als vielmehr remsen soll. Mittels der Zapfenriegel, durch die man die öhenlage der Wendeplatte gegenüber ihren Zapfen nach m Rütteln festlegt, kann man die Wendeplatte der öhe der Formkästen anpassen, so daß die Wendeeinrichng durch ein gewisses Übergewicht von selbst herumillt. Auf gleiche Weise wird auch die im Hochstand eschwenkte und vom Formkasten befreite Wende-Modelllatte durch leichtes Drehen am Handrade, Abb. 17, wieder urückgedreht.

Die größte Maschine dieser Art ist für eine Hubkraft on 10 000 kg und Wendeplatten bis 4000 × 2000 mm² läche gebaut. Auf den Leber-Rüttlern können auch lodellplatten und Formkästen benutzt werden, die die Vendeplatte vorn und hinten um ein gewisses Maß überagen, ohne daß die Rüttelwirkung beeinträchtigt wird.

Mit den bisher beschriebenen Rüttlern kann immer ur eine Formhälfte hergestellt werden. Handelt es sich un aber, wie meist der Fall, um Formen, die aus Obernd Unterkasten bestehen, so muß man entweder zunächst ämtliche Unterkästen rütteln, dann die Modellplatte gegen eine andre für den Oberkasten auswechseln, um nunmehr die zugehörigen Oberkästen herzustellen. Oder man muß zwei Rüttler aufstellen und auf dem einen die Unter-, auf dem andern die Oberkästen rütteln.

Um auf derselben Maschine abwechselnd Unter- und Oberkästen anfertigen zu können, sind in der Formmaschine[5]), Abb. 18 und 19, zwei Abhebevorrichtungen mit einem gemeinsamen Rüttler zu einer Maschine vereinigt

Der aus Walzeisen bestehende Grundrahmen trägt in der Mitte den Rüttler und an seinen vier Ecken je einen Abhebezylinder, die unter Zwischenschaltung von Ölfüllung mittels Druckluft betätigt werden. Paarweise tragen die Kolben dieser Zylinder die verstellbaren Abhebe- und Fahrschienen, auf denen ein Wagen mit zwei Wendeplatten läuft. Diese Wendeplatten sind durch Kettenzüge mit den Laufrollen des Wagens so verbunden, daß mit dem Fahren des Wagens zwangläufig auch die Wendeplatte gedreht wird. Die gerüttelte und gewendete Form wird auf einstellbare feste Schienenpaare abgesenkt, s. a. Abb. 21, die auf beiden Stirnseiten der Vorrichtung eingebaut sind. Während des Rüttelns wird die Verbindung der betreffenden Modellplatte mit ihrem Wendetisch gelöst. Abwechselnd wird gleichzeitig die eine Formhälfte gerüttelt und die andere von ihrer Modellplatte durch Betätigen der Schienenabhebung getrennt, nachdem sie nach dem Wenden und Absenken auf das zugehörige feste Schienenpaar von der zugehörigen Modellplatte gelöst wurde. Die in Abb. 21 abgebildete Maschine ist für Formkastengrößen von 1500 × 800 × 500 mm³ gebaut.

[5]) Erbauer: Vereinigte Schmirgel- u. Maschinenfabriken, Hannover Hainholz.

Abb. 18 und 19. Formmaschine mit einem Rüttler für zwei Abhebevorrichtungen

a Zugrüttler
b Abhebeschienen
c Abhebezylinder
d Wendeplattenwagen
e Feste Absenkschienen
f Oelbehälter
g Gerüttelte Formhälfte
h Abgehängte Formhälfte, darüber ausgehobene Form

Abb. 21. Umrollrüttler, Bauart Hainholz

Der bei dieser Bauart verwendete Zugrüttler, Abb. 20, wird gleichfalls mit Druckluft betrieben. Bei dem Rüttler wird der Rüttelkolben *a* nach unten gezogen, während das Gewicht der toten Lasten durch ruhenden Luftdruck ausgeglichen ist. Die Druckluft tritt durch das Rohr *b* unter den Kolben *a* und drückt ihn in Pfeilrichtung 1 mit dem durch Modellplatte mit darauf stehendem sandgefüllten Kasten belasteten Rütteltisch *e* in seine obere Endlage. Gleichzeitig ist aber auch der Steuerschieber *d* nach oben gegangen und hat den Lufteintritt zu der Kreisringfläche der oberen Seite des Kolbens *a* freigegeben. Dadurch entsteht wieder ein Überdruck in Richtung des Pfeiles 2, der den Rütteltisch *e* nach unten zieht und ihn zum Aufschlag auf den Amboß *f* bringt. Letzterer ruht auf Schraubenfedern *c*, in denen der Stoß aufgefangen wird. Während dieser Abwärtsbewegung wird der Lufteintrittskanal durch den Steuerschieber *d* abgeschlossen und gleich darauf der Luftaustritt freigegeben, worauf das nächste Kolbenspiel beginnt. Die hohle dicke Kolbenstange dient gleichzeitig als Führung und ist an dem Kolben durch eine Schraubenfederverbindung *g* befestigt.

Abb. 20
Zugrüttler

a Rüttelkolben
b Druckluftleitung
c Schraubenfedern
d Steuerschieber
e Rütteltisch
f Amboß
g Schraubenfederverbindung

Abb. 22. Rüttelformmaschine mit Sandfüllvorrichtung

Diese elastische Verbindung vermeidet eine übermäßi Belastung der Kolbenwände.

Die Maschine arbeitet zwecks guter Ausnutzung ihr Leistungsfähigkeit vorteilhaft mit einer Sandfüllvorric tung, Abb. 22. Diese besteht aus einem Blechbehälter, d der Sand durch ein seitliches Becherwerk zugeführt wi An seiner Stirnwand ist eine senkrechte drehbare We gelagert, an deren unterem Teil ein Sandbehälter mitte eines wagerechten Arms befestigt ist, dessen Inhalt d zur Füllung eines Formkastens gebrauchten Sandmen entspricht. Sein Boden kann mittels eines Handrades h ausgeschoben werden. Auch der Boden des großen San behälters läßt sich durch Betätigen eines Kettenzug öffnen und schließen. Nachdem in der wiedergegeben Stellung bei geschlossener Bodenöffnung des kleinen B hälters und geöffneter des großen der kleine Behälter vo gelaufen ist, schiebt man den Bodenschieber des großen B hälters zu und schwenkt den kleineren über den auf d Modellplatte des Formwagens befestigten Formkaste Jetzt öffnet man seinen Bodenschieber, worauf sein San inhalt in den Kasten fällt. Dann schwenkt man ihn die Abb. 22 entsprechende Stellung wieder zurück, schie den Bodenschieber zu, öffnet den darüber befindlich Bodenschieber des großen Behälters usf. [B 2292]

Betriebsergebnisse bei der Verschwelung griechischer Braunkohle

Zur Erzeugung eines hochwertigen stückigen Brennstoffes aus griechischer Braunkohle mit durchschnittlich 37,3 vH Feuchtigkeit, 5,4 vH Asche und 5,21 vH Teergehalt (nach Fischer) ist Anfang 1926 auf der Grube Aliveri eine Schwelanlage nach dem Spülgasverfahren Lurgi[1]) für einen Durchsatz von 25 t täglich in Betrieb gesetzt worden. Kennzeichnend ist die scharfe Gliederung der Anlage in die Arbeitstufen: Trocknung, Schwelung und Kokskühlung.

Die grubenfeuchte Braunkohle gelangt bei der Anlage aus einem den Bedarf von 4 h fassenden Rohkohlenbunker zunächst zum Vertrockner, in dem sie mittels Spülgase auf 2 vH Feuchtigkeit heruntergetrocknet wird[2]). Die aus Schwelgasen und Verbrennungsgasen mit einem Sauerstoffgehalt von höchstens 0,3 vH zusammengesetzten Spülgase werden von einem Sauger umgewälzt und vor dem jeweiligen Eintritt in den Brennstoff durch Zumischen von heißen Verbrennungsgasen auf etwa 25° gebracht. Durch einen Kreislauf der Spülgase wird die dem Koks entzoge Wärme sofort für die Schwelung nutzbar gemacht. D anfallende Schwelgas mit 1300 bis 1500 kcal/m³ reicht b Brennstoffen mit weniger als 35 vH Feuchtigkeit für d Verschwelung vollkommen aus. Bei höherem Feuchtigkeit gehalt muß ein besonderer Zusatzgaserzeuger zweckmäß mit Schwelaufsatz die fehlende Gasmenge liefern.

Der Koks wird am unteren Ende des Ofenschachtes b ständig durch eine selbsttätige Vorrichtung ausgetrag und durch ein 10 mm Sieb in 70 bis 85 vH Stückko mit 7100 kcal und 30 bis 15 vH Feinkoks mit 6000 kc zerlegt. Der Feinkoks ergibt unter Zusatz von 8 vH Pe Preßlinge mit 14,5 vH Asche und einem oberen Heizwe von 6300 kcal. Die praktische Teerausbeute schwankt m dem verschiedenen Teergehalt der Rohkohle zwischen 5 u 7,5 vH des Durchsatzes. Die Aufbereitung des Teeres ergi bis 225° im Mittel 30 vH Teeröl mit 8100 kcal (o. H und einem spezifischen Gewicht von 1,056 sowie 70 vH Pe mit einem oberen Heizwert von 7800 kcal und 81° Schmel punkt. Die Anlage wird, abgesehen von einer Anza Frauen zum Verwiegen und Verpacken der Fertigerzeu nisse, von nur drei ungelernten Arbeitern bedient. [N 3 Pr.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 561.
[2]) „Braunkohle" Bd. 25 (1926) S. 802.

Der Pariser Automobilsalon 1926

Von Ing. A. Zoller, Berlin

Verbreitung des Sechszylindermotors — Vierradbremsen mit Hilfskraft nach Dewandre, Westinghouse und Badertscher — Vorderradantrieb nach Bucciali und Arzac — Schwingachsen von Cottin-Desgouttes, Lancia und Sizaire — Lichtanlaßmaschine in einer Gruppe auf der Kurbelwelle — Überlademotoren und Kompressoren von Cozette — Zweitaktmotoren und Lastwagen mit Sauggasbetrieb

Abb. 1. Sechszylinder-Kraftwagenmotor, Bauart Corre de Licorne, 66 mm Zyl.-Dmr., 88 mm Hub

Abb. 2
Sechszylindermotor, Bauart Hispano-Suiza

Die Automobil-Ausstellung in Paris 1926 wurde eingeleitet durch eine Ausstellung von landwirtschaftlichen Maschinen, Motorpflügen und Kraftschleppern in Buc bei Versailles. Die eigentliche internationale Kraftwagenausstellung mußte wegen der großen Zahl von Ausstellern geteilt werden, und zwar fand zuerst die Ausstellung von Personenwagen, Krafträdern und Zubehörteilen statt, die namentlich an neuen Zubehörteilen sowie in der Vereinfachung und Verbilligung der Herstellung von Fahrgestellen, Karosserien usw. der Kraftwagen manches Wertvolle bot. Zu gleicher Zeit wurden auf der Seine Schiffsmotoren, Gleitboote und Motorboote vorgeführt. Erst nach Schluß der Personenwagen-Ausstellung konnte die Ausstellung der Nutzwagen, Lastkraftwagen usw. stattfinden.

Der Wunsch der Kraftwagenbesitzer, mit 6 oder sogar 4 km/h Geschwindigkeit ohne Übersetzung stoßfrei zu fahren, aber auch den Wagen ohne Umschalten des Getriebes bis zur Höchstgeschwindigkeit in der Ebene beschleunigen zu können, hat zur Wiedereinführung des Sechszylindermotors geführt. Die meisten Firmen statten daher ihre neuen Modelle mit solchen Motoren aus, s. Abb. 1 und 2[1]), wie dies auch die amerikanischen Automobilfabriken tun. Beim Hispano-Suiza-Motor ist zu erwähnen, daß die Ventile von der über den Zylindern gelagerten Nockenwelle unmittelbar angetrieben werden und zu diesem Zwecke an den oberen Enden der Ventilspindeln nachstellbare Druckteller tragen.

Von neueren Vierradbremsen mit Hilfskraft hat die durch Unterdruck betätigte Bremse nach Dewandre, die vor zwei Jahren das erstemal in Paris zu sehen war, große Verbreitung gefunden. Die meisten starken und mittelstarken Personenwagen, aber auch Lastkraftwagen und kleine Personenwagen werden bereits regelmäßig mit dieser Bremse ausgerüstet. Die Betätigung der Bremse erfolgt durch Druck auf den Bremsfußhebel. Dabei wird ein Regelventil verstellt, das die Saugleitung des Motors mit dem Bremszylinder verbindet. Sobald in dem Bremszylinder der Unterdruck wirksam wird, zieht dessen Kolben die Bremsen mit einer Kraft an, die dem Unterdruck und dem Durchmesser des Bremszylinders entspricht.

Eine ähnliche Bremseinrichtung hat neuerdings die französische Westinghouse-Bremsen-Gesellschaft auf den Markt gebracht, Abb. 3. Diese unterscheidet sich nur in Einzelheiten von der Bauart Dewandre. Außer-

Abb. 4
Unterdruckbremse, Bauart Badertscher

a Zylinder, *b* Kolben, *c* Regelventil, *d* Rohrleitung, *e* Gasfußhebel, *f* Handhebel

Abb. 3. Bremseinrichtung der Westinghouse-Bremsen-Gesellschaft

[1]) Vorlagen für alle Abbildungen dieses Aufsatzes hat mir die Zeitschrift „Omnia", Paris, freundlichst zur Verfügung gestellt

Abb. 5. Zylinder der Saugbremse nach Badertscher

Abb. 6. Regelventil der Saugbremse, Bauart Badertscher

dem war in Paris zum erstenmal die Unterdruckbremse nach Badertscher, Abb. 4, zu sehen, die folgende Teile umfaßt: Einen Zylinder *a*, s. a. Abb. 5, dessen Kolben *b* an das Bremsgestänge angeschlossen ist, sowie ein Regelventil *c*, s. a. Abb. 6, das je nach seiner Stellung den Zylinder über die Rohrleitung *d* mit der Außenluft oder mit der Ansaugleitung des Motors verbindet und das mittels des Gasfußhebels *e* (Beschleunigers) oder mittels des Handhebels *f* auf dem Lenkrad eingestellt werden kann.

Die Hälfte des Ausschlags des Hebels *f* von der Mittelstellung nach rechts dient zum Beschleunigen des Motors, die andre Hälfte zum Betätigen der Bremse. Das Gestänge des Hebels *f* ist in der üblichen Weise mit dem des Gasfußhebels so gekuppelt, daß beide Hebel unabhängig voneinander bedient werden können. Bringt man den Handhebel in die Mittelstellung, so kann man jedoch die Bremsen durch den Fußhebel nicht betätigen. In den andern Stellungen des Handhebels hat das Loslassen des Fußhebels die Wirkung, daß sich die Vergaserdrossel schließt und starker Unterdruck im Zylinder *a* entsteht, so daß die Bremsen schnell in Tätigkeit treten. Dabei läßt sich die Stärke der Bremswirkung durch die Stellung des Handhebels nach Bedarf ändern.

Die Vorteile dieser Unterdruckbremse gegenüber den bekannten liegen in der vereinfachten Bedienung, da der Vergaserfußhebel auch die Bremsen betätigt, während man mittels des Handhebels die Stärke der Bremswirkung regeln kann. Beim Bremsen braucht man somit nicht mehr den Fuß vom Vergaserhebel fortzunehmen, was insbesondere beim Notbremsen von großem Wert ist. Mit dem Handhebel regelt man die Bremskraft, je nachdem ob die Straße trocken, naß oder vereist ist, damit die Räder niemals festgebremst werden.

Dem Vorderradantrieb wird in neuerer Zeit wieder Aufmerksamkeit geschenkt. Die Firma Bucciali zeigte einen Wagen dieser Art, bei dem das Gehäuse des Ausgleichgetriebes auf dem Kühlerquerträger befestigt ist; von hier wird der Antrieb über je zwei Kardangelenke auf die Vorderräder übertragen. Beim Wagen von Arzac wird ein kleiner Zweizylinder-Zweitaktmotor verwendet; zwischen Ausgleichgetriebe und Vorderrädern sind hier nur einfache Kardangelenke angeordnet.

Man hält im allgemeinen die Kraftübertragung mittels einfacher Kardangelenke für zulässig, obgleich die Lenkräder bis zu 45° Ausschlag haben, da die Wagengeschwindigkeiten bei den großen Lenkausschlägen immer sehr gering sind. Auch Rennwagen werden mit Vorderradantrieb versehen.

Da die übliche gemeinsame Achse der Räder bei starkem Durchfedern des einen Rades die Federung des andern Rades in Mitleidenschaft zieht und dadurch die Stabilität des Wagens auf unebener Straße verschlechtert, sucht man in neuerer Zeit die Räder für sich zu lagern. Bei den Hinterrädern erreicht man dies durch Verwendung der bekannten geteilten Schwingachsen, die z. B. die Firma Cottin-Desgouttes verwendet, s. Abb. 7, bei den Vorderrädern hat die Bauart von Lancia besonders große Verbreitung gefunden. Die Wagen von Sizaire, Abb. 8, haben am Rahmen angebrachte Schwinghebel zur Führung der Vorderräder, die von den Enden einer Querfeder gehalten werden.

Im Gegensatz zu deutschen Wagen wird in Frankreich fast allgemein die elektrische Lichtmaschine mit dem Anlaßmotor zu einer einheitlichen Maschine vereinigt und vorn auf der Kurbelwelle gelagert, s. Abb. 1. Bei einer solchen Anlage vollzieht sich das Anlassen jedenfalls geräuschloser als mittels des Ritzels, das in die Verzahnung des Schwungrades eingreift. Auch wirkt die große Schwungmasse der elektrischen Maschine bremsend auf etwaige Schwingungen der Kurbelwelle, und das ruhige Gesamtbild der Maschine wird verbessert. Allerdings bietet die Trennung von Lichtmaschine und Anlasser elektrische Vorteile. Vereinigte Licht- und Anlassermaschinen werden in Deutschland von der Firma Fenag A.-G., Nürnberg, hergestellt.

Einen Wagen von Constantinesco mit Kraftübertragung durch Pendel zeigt Abb. 9. Zum Antrieb dient ein Zweitaktmotor mit Kurbelgehäusespülung, zwischen dessen beiden Zylindern die Pendelanlage eingebaut ist. Auch für Bootsmotoren findet dieser Antrieb schon Verwendung.

Motoren mit Überladung teilt man heute nach der Art der benutzten Auflademaschine in Gebläse- und in Kompressormaschinen ein. Zu den Gebläsemotoren gehören die Motoren mit Roots-Gebläse, z. B. der Daimler-Benz A.-G., für Kompressormotoren verwendet

Abb. 7. Fahrgestell von Cottin-Desgouttes mit schwingenden Hinterachsen

Abb. 8. Wagen von Sizaire mit schwingend gelagerten Vorderrädern

Abb. 9. Kraftwagen von Constantinesco mit Kraftübertragung durch Pendel

ın Turbo- oder Drehkolbenkompressoren. Rootsebläse wie Turbokompressoren, die namentlich bei nerikanischen Rennwagen verwendet werden, haben den ıchteil, daß sie bei niedriger Drehzahl nur geringen ruck und somit nur geringe Überladefähigkeit des otors ergeben. Drehkolbenkompressoren, die diesen angel nicht aufweisen, haben sich bereits bei verschieenen Rennen im Auslande gegenüber den Gebläsen als rteilhaft erwiesen. Für Gebrauchswagen bieten Drehlbenkompressoren den Vorteil, daß sie bei niedriger ehzahl hohe Drehmomente und große Beschleunigung s Wagens ermöglichen und daher das Umschalten des triebes ersparen. Da im allgemeinen die französischen e die deutschen Wagen der Besteuerung wegen kleiren Hubraum haben als die amerikanischen, so fehlt es nen häufig am Beschleunigungsvermögen, das ebenso e starkes Bremsvermögen im Stadtverkehr immer notendiger wird.

In Frankreich liefert die Firma Cozette Drehlbenkompressoren von verschiedener Größe mit den tsprechenden Vergasern. Ihr Kompressor unterscheidet h von dem Wittig-Kompressor dadurch, daß der ßere Flügelring wie bei dem Kompressor von Reaell als durchlochte Trommel ausgebildet ist; diese ist f beiden Seiten gelagert und wird von der Hauptwelle getrieben. Zwischen den Flügeln und der umlaufenn Trommel treten somit nur geringe Bewegungen auf

Ein solcher Drehkolbenkompresor für einen Viertmotor von 1,5 l-Zylinderinhalt liefert in zwei Umehungen rd. 2,1 l Druckluft. Die Drehzahl beträgt höchens 6000 bis 6500 Uml./min, das Gewicht etwa 9 kg.

Auf der Ausstellung waren verschiedene Wagen mit lchen Drehkolbenkompressoren ausgerüstet. Auch m Aufladen kleiner Dieselmotoren und von Motoren, e mit Holzkohlen-Sauggas betrieben werden, verwendet an bereits dieses Gebläse.

Der Zweitaktmotor für Kraftwagen hat mentlich durch die Anwendung von Überlade-Komessoren bedeutende Fortschritte gemacht. Bei den rmen Peugeot und Delage laufen Zweitakt-Komessormotoren auf dem Prüfstande. Duesenberg d Fiat haben Rennwagen geschaffen, die als Zweiktmotor mit Überladung laufen. Der Motor von Fiat ll bei 1,5 l Zylinderinhalt nicht weniger als 170 PS erichen.

Bei dem 1,5 l-Vierzylinder-Viertaktmotor der Firma B.N.C., Abb. 10, ist der Kompressor vorn mit stehender Welle zwischen Kühler und Motor angeordnet und mit der Kurbelwelle durch Kegelräder verbunden. Der Vergaser ist an die Saugseite des Kompressors angeschlossen, so daß dieser Gemisch fördert.

Die Nutzleistung eines Motors von 1,1 l Zylinderinhalt soll ohne Überladung bei 4000 Uml./min 33 PS betragen haben; sie wurde mit Überladung bei gleicher Drehzahl und bei einem Aufladedruck von 750 mm W.-S. auf 54 PS gesteigert, wobei der Kraftverbrauch des Kompressors 4,5 PS betrug und der spezifische Brennstoffverbrauch des Motors nicht höher als bei Betrieb ohne Überladung war.

Zu erwähnen wären schließlich noch die Fortschritte der Lastkraftwagen mit Sauggasbetrieb. Seit einigen Jahren veranstaltet die französische Heeresverwaltung regelmäßig Prüfungen solcher Lastkraftwagen, woran alle Firmen teilnehmen, die Lastkraftwagen herstellen. Gaserzeuger und Gasreiniger haben in der letzten Zeit merkliche Fortschritte in bezug auf das Gewicht und auf den beanspruchten Raum gemacht. Auch der Anordnung der Gasanlage im Rahmen schenkt man größere Aufmerksamkeit.

Vor einigen Tagen wurde in Buc, nahe bei Versailles, eine Motorpflugprüfung abgehalten, woran auch Fordsonschlepper mit Sauggasbetrieb teilnahmen. In einer anschließenden Ausstellung wurden zerlegbare und tragbare Holzkohlenmeiler im Betrieb vorgeführt, die man in wenigen Minuten in Teile von 60 bis 70 kg Einzelgewicht zerlegen kann. Man verwendet für den Betrieb der Gaserzeuger entweder Holzkohlen oder Holz in kleinen Stücken. Da die Leistung eines gewöhnlichen Wagenmotors bei Betrieb mit Generatorgas um 30 bis 35 vH kleiner als bei Betrieb mit flüssigem Brennstoff ist, rüstet man die Motoren auch mit Drehkolbenkompressor aus.

Jedenfalls hat der Sauggasbetrieb für sich den Vorteil der großen Billigkeit, da ein 5 t-Lastkraftwagen an Holz nicht mehr als 750 g bis 1 kg/km verbraucht. Der Fassungsraum der Gaserzeuger reicht für 80 bis 120 km. Auch Bootsmotoren und ortfeste Motoren werden schon auf Sauggasbetrieb umgestellt.

Von kleinen schnellaufenden Dieselmotoren war nur ein Zweitaktmotor mit zwei Zylindern und mit Spülung durch Drehkolbenkompressor der Firma Morton ausgestellt. [B 2510]

Abb. 10. 1,5 l-B.N.C-Viertaktmotor mit Cozette-Kompressor

Abb. 1

Abb. 1 bis 7
Gesamtplan und Einzelheiten der Einrichtung des Rotor-Motorschiffes „Barbara“

Abb. 2 bis 4

Abb. 5

Abb. 6

Abb. 7

a Steuerhaus
b Kartenhaus
c Funkraum
d 2 Telegraphisten
e Arzt
f Proviant-Verwalter
g IV. Offizier
h Aufenthaltsraum für Offiziere
i Offiziersanwärter
k 2 Stewards
l Kapitän } Wohn- und
m I. Offizier } Schlafzimmer
n II. Offizier
o 2 III. Offiziere
p Hospital für Offiziere
q Speisezimmer für Offiziere
r Hospital für Mannschaft
s Anrichte
t Küche
u Messe für Maschinisten
v II. Maschinist
w I. Maschinist
x IV. Maschinist
y III. Maschinist
z Bäcker, Kochsmaat und Köche
a_1 4 Schmierer
b_1 Bootsmann u. Zimmermann
c_1 8 Matrosen
d_1 Waschraum für Matrosen
e_1 Anlasser f. d. Ankerwinde
f_1 Kühlraum
g_1 Raum für Kreiselkompaß
h_1 Werkstatt
i_1 Oelvorräte
k_1 Posträume
l_1 Kartoffel- u. Provianträume
m_1 Tagestanks (Betriebstoff)
n_1 Trinkwassertank
o_1 Ruderhaus

Das Rotor-Motorschiff „Barbara“

Erbaut von der Actien-Gesellschaft „Weser“ in Bremen für die Marineleitung, bewirtschaftet von der Reederei Rob. M. Sloman jr., Hamburg.

Von Direktor A. Keuffel †

Von dem von der A.-G. „Weser“ in Bremen für die Marineleitung gebauten Rotor-Motorschiff „Barbara“ seiner Maschinen- und Flettner-Rotoranlage wird eine kurze Beschreibung gegeben

Im April vorigen Jahres erhielt die Actien-Gesellschaft „Weser“ auf Veranlassung der Marineleitung von der Hamburger Reederei Rob. M. Sloman jr. den Auftrag zum Bau des Rotor-Motorschiffes „Barbara“.

Die bisherigen Ergebnisse mit den Flettnerschen Rotoren[1]) waren namentlich in wirtschaftlicher Beziehung nicht ausreichend und nicht überzeugend genug gewesen, um die Reeder zu ihrer Einführung in die Seeschiffahrt zu veranlassen. Es konnte auch keinem Reeder zugemutet werden, den neuen Windantrieb auf seinen Schiffen zu erproben, da die gesamten vorhandenen Mittel unter möglichster Einschränkung von Versuchen für den Wiederaufbau der durch den Krieg und die Nachkriegsverträge verkleinerten Flotten aufgewendet werden mußten.

In Anbetracht der vielleicht außerordentlich großen Wichtigkeit der Flettnerschen Erfindung für die Seeschiffahrt griffen hier die zuständigen und interessierten Reichsbehörden ein und beauftragten die Marineleitung, die Fragen zu erforschen, wie zum Nutzen der deutschen Schiffahrtkreise die Erkenntnis über die Anwendungsmöglichkeit der Rotoren auf Seeschiffen gefördert werden könnte.

Nach sehr eingehenden Vorarbeiten und Untersuchungen erhielt dann die Actien-Gesellschaft „Weser“, Bremen, die bereits im vergangenen Jahre zwei der „Barbara“ sehr ähnliche Motorschiffe an die Reederei Rob. M. Sloman jr. abgeliefert hatte[2]), von der Marineleitung den Auftrag zum Bau der „Barbara“.

[1]) Segelwalzen.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1101.

a Hauptmotoren, 2×530 PS_e bei 300 Uml./min
b Vulcangetriebe, $n = 80$ Uml./min an der Propellerwelle
c Auspufftöpfe für die Hauptmotoren
d Anlaßflaschen, 2×500 l Inhalt
e Hilfskompressor, 155 m³/h Leistung bei 50 PS_e
f Brennstoff-Uebernahmepumpe, 50 m³/h Leistung
g Brennstoff-Tagestanks, 2×9 m³ Inhalt
h Aushilfs-Kühlwasserpumpe, 25 m³/h Leistung
i Kühlwasserfilter
k Aushilfs-Schmierölpumpen, 5 m³/h und 23 m³/h Leistung
l Ballast-Aushilfslenzpumpe, 100 m³/h
m Schmierölseparator, 100 bis 500 m³/h
n Lenz- und Feuerlöschpumpe, 30 m³/h
o Trinkwasserpumpe, 5 m³/h
p Hilfsmotoren (Dieseldynamos), 100 und 500 kW
q Oelkühler für das Getriebe
r „ „ die Hauptmotoren, 2×10 m² Kühlfläche
s Hafendynamo mit Notkompressor
t Umformer
u Hauptschalttafel
v Heizkessel, 4 at, $H = 15$ m², Ölfeuerung Weser
w Dampfspeisepumpe
x Exhaustortank
y Sandkiste
z Schmieröl-Doppelfilter für die Hauptmotoren
a_1 „ „ das Getriebe
b_1 Schmieröl-Ablauftank der Hauptmotoren
c_1 „ des Getriebes
d_1 „ der Hilfsmotoren
e_1 Eismaschinen-Kompressor mit Kühlwasserpumpe
f_1 Einblaseflaschen, 2×100 l Inhalt

Abb. 8 bis 10. Haupt- und Hilfsmaschinenanlage des Rotor-Motorschiffes „Barbara“

Ihre Hauptabmessungen betragen:

Größte Länge	89,50 m,
Länge zwischen den Loten	85,00 m,
Größte Breite auf Spanten	13,20 m,
Seitenhöhe, gemessen bis Hauptdeck	5,795 m,
Tragfähigkeit	2830 t,
Tiefgang hierbei	5,40 m.

Voll beladen erreicht das Schiff mit seiner Motorenanlage von 1060 PS_e Leistung ohne den zusätzlichen Windantrieb durch die Rotoren 10 Kn Geschwindigkeit. Es ist nach den Vorschriften des Germanischen Lloyd für die Klasse ✠ 100 $\frac{A}{4}$ (E) aus Siemens-Martin-Stahl unter Berücksichtigung der Vorschriften der Seeberufsgenossenschaft und der Hamburger Hafeninspektion gebaut worden.

Die Einzelheiten der Einrichtung und Ausrüstung zeigen Abb. 1 bis 7. Abb. 1 läßt das Flettnerruder erkennen, das sich bei „Amalfi“ und „Sorrento“ ausgezeichnet bewährt hat.

Da das Schiff später im Reichsdienst verwendet werden soll und daher auch für militärische Überfüh-

Abb. 11
Flettnerrotor für das Rotorschiff „Barbara“

Abb. 12
Antrieb des Flettner-Rotors

rungen nach Ostpreußen geeignet sein muß, ist von vornherein darauf Bedacht genommen, daß es in einfachster Weise ohne besondere bauliche Änderungen für diesen Zweck hergerichtet werden kann. Die Gesamtanordnung der Maschinenanlage ist in Abb. 8 bis 10 dargestellt.

Die beiden Hauptmaschinen sind sechszylindrige Viertaktmotoren, Bauart „Weser“/MAN, die bei 300 Uml./min je 530 PS_e leisten. Die Motoren haben 360 mm Zylinderdurchmesser und 520 mm Hub. Die beiden Maschinen arbeiten mittels eines Vulcan-Getriebes auf die mit 80 Uml./min laufende Schraubenwelle. Diese Anordnung gestattet, auf Wunsch nur einen Motor laufen zu lassen, z. B. für den Fall, daß die Rotoren angestellt sind und dem Schiff von sich aus genügende Geschwindigkeit verleihen.

Das Vulcan-Getriebe arbeitet mit einer Übersetzung von 1 : 3,75. Die Schieber zum Füllen und Entleeren des Getriebes werden durch einen Druckzylinder bewegt. Als Druckflüssigkeit, die vom Manöverstand aus gesteuert wird, dient Öl. Die Wellenleitung entspricht der üblichen Ausführung bei Handelsschiffen. Die aus Manganbronze gegossene vierflügelige Schiffsschraube hat 4200 mm Durchmesser und 4200 mm Steigung.

Die Anordnung der für den Betrieb der Hauptmotoren und des Schiffes notwendigen Hilfsmaschinen im Maschinenraum zeigen Abb. 8 bis 10. Ihre Leistungen sind aus der Buchstabenerklärung zu Abb. 8 bis 10 zu ersehen.

Als Hilfswindantrieb war ursprünglich ein Rotor von 28 m Höhe und 7 m Durchmesser vorgesehen, jedoch zeigte sich bei der Durcharbeitung des Entwurfs, daß sich ein so großer Körper nicht einwandfrei lagern ließ. Es wurde daher eine andre Anordnung mit drei Rotoren von 4 m Durchmesser und 17 m Höhe entworfen, die zusammen 204 m² Oberfläche haben. Die Rotoren sind für je 4000 kg Höchstdruck berechnet worden.

Zum Antrieb jedes Rotors, Abb. 11 und 12, ist je ein 41 PS-Gleichstrommotor vorgesehen, der über ein Zahnrad-Übersetzungsgetriebe den Rotor dreht. Eine längsbewegliche Kupplung verbindet Motor- und Ritzelwelle Das Getriebe wird mit Öl geschmiert, das von einer von der Ritzelwelle angetriebenen kleinen Kreiselpumpe nach den einzelnen Verbrauchstellen gedrückt wird.

Bei einer größten Drehzahl der Motorwelle von 1050 Uml./min und einer Getriebeübersetzung von 6,54 : 1 dreht sich die Radwelle und damit der Rotor im Höchstfall mit 160 Uml./min. Das Eigengewicht des Rotors und der Antriebwelle wird von einem Wechseldrucklager auf die Tragsäule übertragen, wozu in etwa $^2/_3$ Höhe des Rotors oberhalb des Kugellagers eine Tragscheibe angeordnet ist. In $^1/_3$ Höhe ist ein Tonnenlager vorgesehen, das zur Stützung und Führung des Rotors an der Tragsäule dient.

Der wirtschaftlichen Geschwindigkeit bei der vorliegenden Schiffsart entspricht ein Schub von etwa 12 000 kg. Es wäre nicht richtig gewesen, die Rotoren für doch immerhin selten auftretende höhere Windstärken zu entwerfen, die zwar höhere Schübe erzeugen, die Rotorkonstruktion aber schwer und deshalb unwirtschaftlich machen würden. Auch die Stabilität des Schiffes setzt hier Grenzen. Man ist dann auf Grund bestimmter Überlegungen und Erfahrungen übereingekommen, Windstärken bis zu etwa 10 m/s voll auszunutzen. Die Rotoren mußten daher auf Grund des Erfahrungswertes

$$\frac{\text{Umfanggeschwindigkeit}}{\text{Windgeschwindigkeit}} = 3{,}5$$

bei dieser Windstärke mit etwa 160 Uml./min laufen. Durch die Begrenzung der Rotordrehzahl ist aber die Gewähr gegeben, daß auch bei größeren Windstärken die Schubbelastung der Rotoren nicht weiter wächst und Beanspruchungen hervorruft, denen die Bauart nicht gewachsen ist.

Abb. 13. Rotor-Motorschiff „Barbara“ auf der Probefahrt

Es war naheliegend, beim Bau der Rotoren die mit Luftschiffen und Flugzeugen auf dem Gebiete des Leichtbaues gesammelten Erfahrungen auszunutzen, was in weitgehendem Maße geschehen ist. Als Baustoff für die Rotoren wurde das Leichtmetall „Lautal“ der Vereinigten Aluminiumwerke gewählt, das bei 2,8 spezifischem Gewicht folgende Festigkeitseigenschaften hat[3]): Bruchfestigkeit 38 bis 42 kg/mm², Streckgrenze 28 bis 32 kg/mm², Dehnung 18 bis 25 vH, Elastizitätsmaß 650 000 bis 700 000 kg/cm².

Für die Außenhaut wurden 0,8 mm dicke Bleche verwendet, während die Dicke der Profile 1,2 mm beträgt. Im Innern wurde der Rotor durch neun senkrechte, in Abb. 11 angedeutete Gitterträger versteift, die durch ein System wagerechter Ringträger ergänzt werden. Außerdem wurden die durch die senkrechten und wagerechten Träger gebildeten Felder durch kleine Winkelprofile örtlich versteift.

Das neue Rotor-Motorschiff „Barbara“ ist am 30. Juli vom Chef der Marineleitung während der Überführung von Bremen nach Hamburg übernommen und der Reederei Rob. M. Sloman jr. zur Einreihung in ihren Mittelmeerdienst übergeben worden. Die Probefahrtergebnisse waren sehr aufschlußreich, genügen aber natürlich noch nicht für ein abschließendes Urteil über die Eignung der Flettner-Rotoren für die Schiffahrt, namentlich hinsichtlich ihres wirtschaftlichen Wertes. Hierfür werden erst die Ergebnisse des praktischen Betriebes abgewartet werden müssen. Abb. 13 zeigt das Schiff auf der Probefahrt. [B 2202]

[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 101.

Nachschleifen von Radreifen unter dem Wagen

Die rasche Beseitigung flacher Stellen in den Radreifen der Schienenfahrzeuge ist für die Schonung des Fahrzeuges, des Oberbaues und für den stoßfreien Lauf der Wagen von hoher Bedeutung. Eine sehr zweckmäßige Einrichtung ist von der Los Angeles Railway geschaffen worden, bei der dadurch, daß die nachzuschleifende Achse nicht aus dem Fahrzeug entfernt zu werden braucht, ermöglicht wird, jede flache Stelle während einer kleineren Betriebspause zu beseitigen.

Die Einrichtung besteht aus einer unter dem Gleis in einer Grube ähnlich einer Achssenke eingebauten Schleifmaschine. Die Achse wird durch zwei Schraubspindeln, die am Untergestell oder Drehgestellrahmen angreifen, angehoben, und das dadurch frei gewordene Gleisstück wird entfernt. Nunmehr wird die Schleifscheibe vorgeschoben, die durch einen 20 PS-Elektromotor angetrieben wird, und auch die zu schleifende Achse selbst angetrieben, entweder durch ihren eigenen Triebmotor unter Zwischenschaltung entsprechender Widerstände, damit die richtige Schleifgeschwindigkeit eingehalten wird, oder wenn es sich um eine Laufachse handelt, durch einen besondern Riementrieb. Nachdem die Räder rund geschliffen sind, werden die Schleifscheiben zurückgezogen, das Gleisstück wird wieder eingesetzt und der Wagen, der sofort betriebsbereit ist, gesenkt. Der Schleifstaub wird durch eine in die Grube eingebaute Absaugvorrichtung beseitigt. Eine erheblich günstigere Ausnutzung des Wagenparks und längere Haltbarkeit der Radreifen ist die im Betriebe beobachtete Folge der Benutzung dieser einfachen Einrichtung. [N 31] Gü.

Steinzeug als Werkstoff

Von Dr. phil. Dr.-Ing. Felix Singer, Direktor der Deutschen Ton- und Steinzeug-Werke, A.-G., Charlottenburg

Ziffernmäßige Zusammenstellung der physikalischen Eigenschaften des Steinzeugs — Seine wesentlichen Unterscheidungsmerkmale gegenüber dem Porzellan — Abstimmung von Masse und Glasur und die sich hieraus ergebende technische Überlegenheit des Steinzeugs — Steinzeug ist für die großen technischen Geräte und Apparaturen einschließlich der größten Hochspannungsisolatoren vorteilhaft, für kleinere technische Gegenstände dagegen bleiben Porzellan und Steatit unerreicht; für kunstgewerbliche Waren aller Art beherrschen Porzellan und Steingut das Feld

In dem Aufsatz „Keramische Massen als Werkstoffe“[1]) wurden die physikalischen Eigenschaften aller keramischen Massen eingehend geschildert und ziffernmäßig verglichen. In der Zwischenzeit wurde eine Reihe weiterer Untersuchungen durchgeführt. Die durchschnittlichen und besten Ergebnisse der Versuche für Steinzeug sind in der Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Untersuchungsergebnisse von Steinzeug

	beste Ergebnisse	bisherige Ergebnisse
Druckfestigkeit . . . . . . kg/cm²	7 970	4 600
Zugfestigkeit . . . . „	287	103
Biegefestigkeit . . . . „	953	370
Elastizitätsmodul . . . . . kg/mm²	4 175	5 600
Torsionsfestigkeit . . . . . kg/cm²	230	210
Kugeldruckprobe	1 007	800
Schlagbiegefestigkeit . . . cmkg/cm²	3,08	1,05
Trommelprobe, Gewichtverlust vH	2,6	6,5
Sandstrahlabnutzbarkeit, Verlust cm³	2,0	5,0
lineare Ausdehnungszahl	$3{,}5 \cdot 10^{-6}$	$4{,}9 \cdot 10^{-6}$
Wärmekapazität, spezifische Wärme zwischen 17 und 100 °C	0,199	0,188
Wärmeleitfähigkeit . . kcal/m h °C	3,01	1,2

Während im täglichen Leben Porzellan häufig als das edelste keramische Erzeugnis bezeichnet wird, muß der Ingenieur dieses Lob auf das ureigenste Gebiet dieses Werkstoffes beschränken, nämlich auf die Erzeugung von kunstgewerblich beeinflußten Gegenständen, Geschirren aller Art für den Haushalt, Luxusgefäßen und Isolatoren für elektrotechnische Zwecke kleinerer Abmessungen. Für den technischen Bedarf hat das äußerlich zunächst weniger edel erscheinende „Steinzeug“ dadurch eine allgemeinere Bedeutung, daß es in den herzustellenden Größen nicht so beschränkt ist wie das zierlichere Porzellan und daß seine spezifischen Festigkeitszahlen bei wachsenden Abmessungen im allgemeinen weniger rasch abfallen.

Betrachtet man die chemische Zusammensetzung beider Werkstoffe, so sind die bekannten praktischen Unterschiede nicht ohne weiteres verständlich; nur graduelle Verschiedenheiten fallen auf, zunächst keine Unterschiede grundsätzlicher Art. Auch die üblichen Ausgangsmischungen für Steinzeug und Porzellan:

	Steinzeug vH	Porzellan vH
Tonsubstanz	30 bis 70	42 bis 66
Quarz	30 bis 60	12 bis 30
Feldspat	5 bis 25	17 bis 27

veranschaulichen noch nicht die tatsächlich bestehenden wesentlichen Unterschiede, die in den andersartigen Rohstoffen begründet sind und den grundverschiedenen Charakter der beiden Werkstoffgruppen bedingen.

Alle keramischen Herstellverfahren haben die gleiche Grundlage: Die Formgebung der Waren aus plastischen tonigen Massen und der Erhärtung des Formlings durch Trocknen und Brennen. Die Größe der herzustellenden Stücke hängt nun von der Formbarkeit der plastischen Masse und ihrer durch die Festigkeit in trockenem Zustand bedingten Beförderungsfähigkeit ab. Während der plastische Rohstoff des Porzellans im wesentlichen aus Kaolin besteht, verwendet die Steinzeugindustrie als Träger der Bildsamkeit vorwiegend Ton. Kaolin und Ton unterscheiden sich in ihren reinsten Zusammensetzungen chemisch nicht wesentlich voneinander, um so mehr aber in ihrer wichtigsten physikalischen Eigenschaft: der Plastizität. Ton, der im allgemeinen nur farbige Erzeugnisse liefert, ist wesentlich bildsamer und in trockenem Zustand viel fester als weißbrennender und weiße Erzeugnisse ergebender Kaolin.

Diese Unterschiede begründen die grundsätzlichen Verschiedenheiten der Porzellan- und Steinzeugherstellung. Die Erzeugung von Porzellan wandte sich anfänglich ausschließlich dem Kunstgewerbe und der kunstgewerblich beeinflußten Herstellung von Haushaltgeräten zu; sie versuchte, ihre Vasen, Teller und Tassen immer dünner, weißer und durchscheinender zu gestalten, sie baute die Palette ihrer Auf- und Unterglasurfarben immer reicher und vielseitiger aus, die Spitzen ihrer Rokokofigürchen mußten immer zierlicher und graziöser werden, kurz, sie war anfänglich weitgehend ein Luxusgewerbe, das sich erst allmählich der Herstellung von Gebrauchsgeschirr für den Haushalt in größerem Umfange zuwandte, um noch später — erst vor einigen Jahrzehnten — Isolatoren herzustellen.

Für alle kleineren und mittleren Isolationskörper ist Porzellan, neben dem hochwertigen Steatit, heute ein fast vorbildlicher Werkstoff; die Herstellung großer Stücke aus Porzellan und Steatit ist zwar technisch möglich, aber ebensowenig hinsichtlich des Werkstoffes richtig wie die Nachbildung kunstgewerblicher, für die Bronzeausführung entworfener Tiermodelle und dergl. aus den genannten Stoffen. Vom Standpunkt der Zweckmäßigkeit handelt es sich hier um Kunststücke, die nur solange notwendig und daher berechtigt sind, als es keinen andern Stoff gibt, der den gestellten technischen Anforderungen besser entspricht. Für große Isolatoren ist dieser Werkstoff aber im Steinzeug vorhanden, dessen Entstehungsgeschichte diese Industrie für die Herstellung der größeren Gegenstände geradezu vorherbestimmt.

Bereits die Römer haben Steinzeug für technische Zwecke (Wasserleitungsrohre usw.) benutzt, die späteren Hersteller wandten sich zwar auch dem Kunstgewerbe zu, aber unter weitgehender Verwendung für Krüge großer Abmessungen. In der neuesten Zeit verwendet man Steinzeug als Werkstoff in vielen Gebieten der Technik. Die große Formfähigkeit der Steinzeugmasse, ihre beträchtliche Festigkeit im trockenen Zustand, ihre im Vergleich zum Porzellan geringere Schwindung und meist niedrigere Brenntemperatur haben dem Steinzeug ein weites Betätigungsfeld für alle Kanalisationszwecke, säurefesten Gefäße, Geräte und Maschinen der chemischen Industrie zugeführt. Kein Gerät und keine Maschine ist zu kompliziert, kein Isolator der Elektrotechnik zu groß für die Ausführung in Steinzeug. Wenn die Porzellantechnik längst dazu schreiten muß, große Stücke aus mehreren Teilen zusammenzusetzen, befindet sich die Steinzeugindustrie noch in ihrem ureigensten Element, das sie ohne wesentliche Schwierigkeiten sicher beherrscht. Eines der Haupthilfsmittel für die Bewältigung der hier gestellten Genauigkeitsforderungen ist die leichte Möglichkeit der Nachbearbeitung von Steinzeug in gebranntem Zustande, ein Arbeitsvorgang, der beim Porzellan zwar technisch durchführbar ist, aber sehr erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Es ist heute möglich, 2500 mm lange Steinzeugwalzen auf eine Genauigkeit von 0,1 mm rund zu schleifen, und diese Genauigkeit wird demnächst auf 0,0025 mm gesteigert werden.

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 584.

Steinzeug unterscheidet sich von allen übrigen gla-
erten keramischen Waren außerdem charakteristisch
ırch seine besondere Glasur. Porzellan- und Steingut-
asuren entstehen durch ein Überziehen der rohen oder
ıglasiert vorgebrannten Ware mit einer mehr oder
eniger dicken Schicht eines im Garbrand schmelzenden
lases. Die Glasuren werden auf die keramischen Waren
ı allgemeinen durch Eintauchen der Stücke in den
isserigen Glasurbrei aufgetragen, ein Arbeitsvorgang,
r bei kleinen Teilen nur eine gewisse Geschicklichkeit
fordert, bei sehr großen Gegenständen aber recht
hwierig ist. Porzellan- und Steingutstücke bestehen
so aus zwei voneinander chemisch und physikalisch ver-
hiedenen Stoffen, deren nicht vollkommenes Zusammen-
ssen gelegentlich schon zu Schwierigkeiten geführt hat.
ı Gegensatz hierzu pflegt man Steinzeug nicht nach dem
eichen, auch hier anwendbaren Verfahren vor dem
rande zu glasieren, sondern ohne Überzug zu brennen.
egen Schluß des Garbrandes wird in der Ofenfeuerung
ochsalz zum Verdampfen gebracht, dessen Zersetzung
n ganzen Ofenraum mit Natriumoxyddämpfen erfüllt.
e chemische Reaktion zwischen Natriumoxyd und den
von berührten Steinzeugoberflächen ergibt eine mit dem
herben durch allmähliche Übergänge überaus innig
rbundene, unendlich dünne Glasurschicht, die soge-
nnte „Salzglasur", die sich für alle erzeugten Steinzeug-
ıren seit Jahrhunderten bestens bewährt hat.

Während Haarrissigkeit der Glasur bei Steingut
ufig ist, bei Porzellan zwar selten, aber immerhin ge-
gentlich vorkommt, und dann zu Schwierigkeiten und
örungen im Gebrauch, besonders in der Isolatorenver-
endung führt, sind ähnliche Fehler bei salzglasiertem
einzeug unbekannt. Die außerordentlich viel ältere
rwendung dieses Stoffes und die seit jeher größere
eanspruchung des Steinzeugs beweisen zunächst äußer-
h am besten die praktische Überlegenheit der farbigen
einzeugsalzglasur über die weiße Porzellanglasur.
e sachlichen Gründe hierfür werden am besten durch
hlen veranschaulicht. Eine der maßgebenden Ursachen
r vorzügliches Zusammenpassen zwischen Masse und
asur[2])[3])[4]) sind Gleichheit der Wärmeausdehnungs-
hlen beider Stoffe und eine möglichst dünne Lage der
asur[5]). Rieke[6]) gibt als Ausdehnungszahlen von
rzellanmassen und Glasuren an: Scherben 3,5 bis
10^{-6}, Glasur 2,9 bis $5{,}3 \cdot 10^{-6}$ und zieht den Schluß:

„Rissefrei sind diejenigen Glasuren, deren Ausdeh-
ngskoeffizient unter rd. $400 \cdot 10^{-8}$ liegt, also dem-
nigen des Scherbens nahe kommt. Ist der Ausdehnungs-
effizient wesentlich größer als $400 \cdot 10^{-8}$, so neigen die
asuren auf dem verwendeten Hartporzellanscherben
vH Zettlitzer Kaolin, 25 vH Quarz, 25 vH Feldspat)
m Reißen."

Berücksichtigt man aber, daß sehr viele Porzellan-
icke für technische Zwecke, z. B. ein großer Teil
er Isolatoren, grün- und braunglasiert sind und daß
e Ausdehnungszahl grüner und brauner Porzellan-
asuren im allgemeinen folgende Größenordnung haben:
bis $4{,}4 \cdot 10^{-6}$, so versteht man, warum gerade die
rbigen, besonders die grüne Porzellanglasur so häufig
arrissig ist. Ganz anders verhalten sich Salzglasuren
f Steinzeug. Ebenso wie es zahlreiche Porzellan-
asuren verschiedenster Zusammensetzung gibt, weisen
ch die Salzglasuren keine Einheitlichkeit auf. In dieser
rschiedenheit liegt beim Porzellan der Nachteil, beim
einzeug der Vorteil. Denn dadurch, daß es neben guten
ch schlechte Porzellanglasuren gibt, werden vielfach
cht immer die Glasuren auf Porzellan angewendet,
e die gleiche Wärmeausdehnungszahl wie die Massen
ben, sondern auch Glasuren, z. B. die häufig vorge-
schriebenen grünen und braunen, deren Ausdehnungs-
zahl sehr erheblich von der der Masse abweichen
kann. Durch diese Unterschiede entstehen bekanntlich
Spannungen zwischen Masse und Glasur, die nicht nur
zur Haarrissigkeit der Glasur führen können, sondern
gelegentlich auch die Festigkeit des Scherbens beeinträch-
tigen, seine Temperaturwechselbeständigkeit herabsetzen
usw.

Die Verschiedenheiten der Steinzeug-Salzglasuren sind
grundsätzlich anderer Art. Wohl sind nicht alle Salz-
glasuren untereinander gleich, aber stets die Salzglasuren
auf ein und demselben Steinzeugscherben, aus dem sie
sich entwickeln. Auf verschiedenen Steinzeugmassen
entwickeln sich verschiedene Salzglasuren, aber stets auf
jedem Scherben die zu ihm passende Salzglasur. Der
beste Beweis hierfür sind neben den vielhundert Jahre
langen Beobachtungen der äußerlichen Unveränderlich-
keit die Messungen der Ausdehnungskoeffizienten von
Steinzeugmassen und Salzglasuren[7]). Für die Steinzeug-
massen verschiedener Herkunft und Zusammensetzung
erhält man hierbei Zahlen zwischen 3,5 und $4{,}9 \cdot 10^{-6}$.
Erzeugt man aus jeder dieser Steinzeugmassen Salz-
glasuren, so zeigt sich, daß diese Glasuren mit Abwei-
chungen bis zu 5 vH die gleiche Ausdehnungszahl haben
wie die Ursprungsmasse.

Aus diesen Versuchen ergibt sich das zwangläufige
Zusammenpassen der Salzglasur mit der jeweiligen Stein-
zeugmasse, das beim Porzellan nicht immer und ohne
weiteres gegeben ist. Nun ist aber die Übereinstimmung
der Ausdehnungskoeffizienten von keramischer Masse
und Glasur nicht die einzig entscheidende Ursache für
die Güte der Zusammengehörigkeit beider Komponenten
und der Qualität der Glasur. Die Dicke der Glasurschicht
auf dem keramischen Scherben ist ebenfalls von aus-
schlaggebender Wichtigkeit[2])[3]), und auch in diesem
Punkte hat die unendlich dünne Salzglasur vor der fast
stets dickeren Porzellanglasurschicht Vorzüge. Neuere
Untersuchungen Gerolds[4]) haben dargetan, daß die
Zug-, Biege-, Schlagbiegefestigkeit und der Elastizitäts-
modul von Porzellanmassen von den zugehörigen Glasuren
ausschlaggebend beeinflußt werden. Nur gewisse Por-
zellanglasuren verändern die genannten mechanischen
Eigenschaften der Massen nicht, manche Glasuren setzen
die Festigkeit herab, einige herauf. Wie sich die für
technische Zwecke vielfach vorgeschriebenen braunen
und grünen Porzellanglasuren in dieser Beziehung ver-
halten, wird leider nicht berichtet. Danach besteht bei
manchen Porzellanen die Gefahr der Beeinträchtigung
der hohen Massefestigkeit durch eine nicht vollkommen
passende Glasur, während diese Festigkeitsherabsetzung
der Steinzeugmasse durch eine Salzglasur nach den bis-
herigen Versuchen im Anschluß an die Geroldsche Arbeit
als ausgeschlossen gelten darf[8]).

Die chemische Widerstandfähigkeit von Glasuren
wächst im allgemeinen mit ihrer Silizierungsstufe und
ihrem Gehalt an Tonerde — auch auf diesem Gebiet eine
durch jahrhundertelangen Gebrauch bewiesene Über-
legenheit der Steinzeugsalzglasur über die hier ebenfalls
vorzügliche Porzellanglasur. Für gewisse Zwecke ver-
wendet auch die Steinzeugindustrie seit vielen Jahrhun-
derten (ebenfalls länger als die auch in Ostasien jüngere
Porzellanindustrie) den Porzellanglasuren ähnlich zu-
sammengesetzte, vor dem Brande aufgetragene Glasuren[9]).
Diese Braunglasuren sind entsprechend der Analogie ihrer
Zusammensetzung mit Porzellanglasuren diesen nicht
überlegen, sondern technisch nur gleichwertig, unter-
legen aber ausschließlich in den Fällen kunstgewerblichen
Gebrauchs, in denen die weiße Farbe des Porzellans nicht

[2]) Rieke u. Steger, „Sprechsaal" Bd. 44 (1914) Nr. 27 bis 29, 39 bis 42.

[3]) Singer, Techn.-wissensch. Abtlg. d. Verb. Ker. Gewerke i. D.,
rag, in der Sitzung am 15. Juni 1917; Singer, Ueber Rosenthal-
zellan für chemische und technische Zwecke, vorgetr. in der
uptvers. d. V. D. Chem. am 28. September 1918.

[4]) Gerold, Mittlg. der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H.
5 Heft 15.

[5]) Harkort, „Sprechsaal" Bd. 44 (1914) S. 443; Trans. Am. Cer.
. Bd. 15 (1913) S. 368 s. a. [2]).

[6]) „Sprechsaal" Bd. 45 (1915) Nr. 43 u. 44.

[7]) Die Messung der Ausdehnungszahl der Salzglasuren war nur unter ganz besonderen Versuchsbedingungen möglich, die zu schildern hier zu weit führen würde.

[8]) Auf der diesjährigen Hauptversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Wiesbaden ist im Meinungaustausch die Behauptung aufgestellt worden, daß Salzglasuren auf Isolatoren nur etwa 12 bis 15 Jahre halten würden. Irgend ein Beweis für diese Behauptung wurde nicht erbracht. Die obigen zahlenmäßig belegten Tatsachen und die jahrhundertelangen praktischen Beobachtungen dürften diese Behauptung in genügender Weise sachlich klarstellen.

[9]) Vergl. Pukall, „Bunzlauer Feinsteinzeug", „Sprechsaal" Bd. 40 (1910) S. 18: „Die Zahl der Glasuren, Emails, Farben, Engoben usw., die der Scherben haarrissefrei trägt, ist Legion . . . . ."

aus technischen, sondern geschmacklichen Gründen bevorzugt wird.

Die viel weiteren oben ziffernmäßig dargestellten Grenzen der Zusammmensetzung der Steinzeugmassen im Vergleich mit Porzellanen veranschaulichen zunächst grundsätzlich die erheblich größere Beweglichkeit der älteren Industrie, die in reiner Einstellung auf technische Bedürfnisse, unabhängig von weißer Farbe, Durchscheinbarkeit und Glanz jeweils bestrebt ist, der Technik den Stoff zur Verfügung zu stellen, der im Sonderfall gebraucht wird.

Die Wärmeleitfähigkeit dichter keramischer Massen bewegte sich z. B. bisher etwa zwischen den Grenzen:

0,7 bis 1,35 kcal/mh °C [10]),

wobei man durchschnittlich für Steinzeug 1,10 bis 1,35 und für Porzellan 0,7 bis 0,9 annimmt. Ein Bedürfnis der chemischen Industrie erfordert die Erhöhung dieser Wärmeleitfähigkeit. Diese Aufgabe wurde vorläufig in der Steinzeugmasse „Lu 660 b" gelöst, deren Wärmeleitzahl mit 3,0 etwa dreimal so groß ist, wie diese Zahl für den Durchschnitt von Steinzeug und Porzellan.

[10]) Singer, Die Keramik im Dienste von Industrie und Volkswirtschaft, S. 473 bis 475; Braunschweig 1923.

Auch auf zahlreichen anderen Gebieten ist die A paßfähigkeit und -willigkeit der Steinzeugindustrie groß, daß neue Aufgaben und Bedürfnisse der Techr stets mit größter Sorgfalt aufgenommen werden. I gegen hat auch für kleinere technische Gegenstände P zellan gewisse vom Steinzeug noch nicht erreichte V züge, besonders eine wesentlich höhere Zugfestigkeit u größere elektrische Durchschlagfestigkeit. In bezug a die Zugfestigkeit wird Porzellan vom jüngeren Stea noch übertroffen. Dadurch ergibt sich zwangläufig Trennung der Arbeitsgebiete von Steinzeug einerse und Porzellan und Steatit anderseits. Porzellan di neben der Herstellung für kunstgewerbliche Waren f Gegenstände des Haushalts und täglichen Bedarfs, P zellan und Steatit sind die zweckmäßigsten Werksto für die Erzeugung aller kleinen technischen Geräte, sonders Isolatoren bis zu einer Gesamt- oder Einzelhö von etwa 500 mm. Für größere nicht durch Kitt zu v bindende technische Geräte, Isolatoren, große Behäl (bis 4000 l), Wannen, Säurepumpen, Exhaustoren us ist das Steinzeug dem Porzellan überlegen. Diese beid Werkstoffe sind also eigentlich keine Wettbewer gegeneinander, sondern ergänzen sich in wertvo Weise. [2312

Hochofenanlage der Mystic Iron Works in Everett, Mass.

Die Hochofenanlage der Mystic Iron Works in Everett, Mass., Abb. 1, wurde von der Freyn Engineering Co., Chicago, für die Massachusetts Gas Co. erbaut, die schon längere Zeit in der Nähe 400 Otto-Koksöfen in Betrieb hatte. Hierzu kommen noch 51 Wilputte-Öfen, die den Koksbedarf für den Hochofen liefern.

Abb. 1. Hochofenwerk der Mystic Iron Works

a Hochofen, *b* Winderhitzer, *c* Schornstein, *d* Staubabscheider, *e* Wäscher, *f* Trockner, *g* Wärmeausgleicher, *h* Schrägaufzug, *i* Vorratbehälter, *k* Verladebrücke, *l* Erzlagerplatz, *m* Eisenbetonbunker, *n* Entlader, *o* Kesselhaus, *p* Maschinenhaus, *q* Ausbesserwerkstatt, *r* Verwaltungsgebäude, *s* Pfannenhaus, *t* Gießmaschine

Das Werk[1]) liegt mit der Front am Mystic River. der Kaimauer dienen drei Entladevorrichtungen *n* 4½ t-Greifern dazu, das Erz und den Kalkstein aus Schiffen zu entladen und die Stoffe in 10 000 t-Eisenbet bunker *m* zu fördern. Von hier gelangen die Stoffe einem Gurtförderband von 915 mm Breite zum Lagerplat nachdem sie mechanisch gewogen sind. Der Lagerpl wird von einer fahrbaren Erzbrücke *k* von 137,5 m Län und einer Spannweite von 76 m bestrichen. Die Brü hat einen 8 t-Greifer und fördert 450 t/h in die vor d Ofen gelegenen Vorratsbehälter *i*. Die Brücke läuft einer Geschwindigkeit von 233 m/min. Beim Anblasen Ofens waren 120 000 t Erze vorrätig, und zwar aus Afri Schweden und Neufundland. Der Hochofen *a* hat ei Schrägaufzug *h* mit einem 10 t-Kippfördergefäß; er 26,84 m hoch, hat einen Rostdurchmesser von 6,86 m einen Herddurchmesser von 5,18 m und 10 Blasformen. drei Winderhitzer *b* haben eine Höhe von 32 m und ei Durchmesser von 6,70 m. Der Schornstein *c* ist 68,6 m h 1273 m³/min Gebläsewind gehen bei einem Druck von 0, durch die Winderhitzer und werden auf 705 °C erwär

Die Gaswäsche besteht aus einem Staubabscheide *d* von 6,1 m Dmr., einem Wäscher *e* und einem Trockne *f* und schließlich einem Wärmeausgleicher *g*, der die F eines Röhrenkessels von 3,66 m Dmr. mit Röhren 200 mm Dmr. hat. Die Abgase durchstreifen den Wär ausgleicher auf ihrem Weg zum Schornstein außerhalb Rohre, während das gereinigte Gas aus der Gaswäsche umgekehrter Richtung durch die Rohre strömt, wodurch i Temperatur erhöht und ihre Feuchtigkeit verringert w Der Staubabscheider hat Querwände, an denen der schw Staub abgeschieden wird und nach unten fällt. Der Wäsc hat hölzerne Horden, die durch Wasser berieselt wer Im Trockner wird ein großer Teil der Feuchtigkeit nie geschlagen. Auf diese Weise wird das Gas für Dampfke und Winderhitzer behandelt; das zur Feuerung der Ke notwendige Gas kann man jedoch auch ungewaschen wenden.

Im Kesselhaus *o* sind sechs Kessel von je 743 m² H fläche, 15,8 at Druck und 50 ° Überhitzung aufgestellt. Hochofengas hat eine Temperatur von ungefähr 50 ° b Eintritt in den Kessel. Unter den Kesseln wird das samte, nicht für die Winderhitzer notwendige Gas und a die Kokslösche von der Koksofenanlage verbrannt. Im schinenhaus *p* erzeugen zwei Turbogebläse von je 5000 bei 4600 Uml./min je 1273 m³/min Wind bei 2,1 at Dr Außerdem sind zwei Turbodynamos von je 750 kW 3600 Uml./min für Drehstrom von 2300 V und zwei 500 Umformer für Gleichstrom von 250 V vorhanden.

Das Roheisen wird in Gießmaschinen *t* mit einer schwindigkeit von 1 t/min aus einer Pfanne gegossen.

Amberg, Opf. [M 2609] H. Illie

[1]) „The Iron Age" Bd. 118 (1926) S. 1277

Die zukünftige Entwicklung des Eisenbahnsicherungswesens

Von Reichsbahnoberrat Privatdozent Dr. Karl Günther, Aschaffenburg

Die verschiedenen Arten von Signalen — Nachrichtenwesen und Signalwesen — Die Fahrtüberwachung durch Fahrschautafeln
Das selbsttätige Stellwerk

Signal- und Sicherungswesen werden gewohnheitsmäßig zusammen genannt, obwohl sie keinerlei Berührungspunkte haben und zwei verschiedene Gebiete bilden.

Ein Rückblick bringt wenig erfreuliche Tatsachen. och im vierten Jahrzehnt des Eisenbahnwesens gab es B. in Deutschland kein einheitliches Signalwesen. Fast 00 Signalbegriffe wurden durch über 1000 verschiedene rten und Formen von Signalen dargestellt. Diese Buntheckigkeit konnte bedauerlicherweise lange Zeit bestehen, owohl die Betriebsicherheit vor allem ein einfaches und nheitliches Signalwesen fordert.

Die neuzeitliche Entwicklung ist durch das Bestreben, die Signale auf psychologische Grundage zu stellen, gekennzeichnet. Diese Entwicklung ist n so mehr zu begrüßen, da sie nicht nur die dringende otwendigkeit beweist, dem Signalfachmann eine besonrs gute wissenschaftliche Ausbildung für seinen Beruf u geben, sondern auch vor allem, weil sie zur dringend otwendigen allgemeinen Vereinheitlichung des Signalesens führt.

Diese Entwicklung zum Einheitsignal ist zudem sehr icht möglich, da es sich glücklicherweise beim Eisenahnwesen um nur ganz wenige und nur ganz einfache nd klare Signalbegriffe handelt: ein Haupt- und ein Vorgnal für je drei Signalbegriffe, „Volle Fahrt“, „Langame Fahrt“ und „Halt“, die mit keinerlei Aufträgen für e Wegbezeichnung belastet sind.

Bei den zur Zeit bestehenden Signalverfahren, ormsignale am Tage, Farbenlichtsignale in der Nacht, t man bestrebt, die Verdeutlichung der Signalbegriffe hereizuführen. Hier haben die nordamerikanischen Eisenhnen ein einfaches einflügeliges Hauptsignal mit drei egriffen, das in dem vereinheitlichten Signalwesen Amerias in weitem Umfange gebraucht wird. Ebenso wird an der hwierigen Aufgabe, die Eindruckfähigkeit der Signale n Witterungseinflüssen, besonders von Nebel, unabhäng zu machen, an der besseren Vorankündigung des andortes der Signale usw. gearbeitet.

Das neue Signalverfahren „Lichtsignale bei Tag und acht“ beseitigt die bisherige Verschiedenheit der Hauptd Vorsignale bei Tag als Form-, bei Nacht als Lichtgnale. Hier sind zwei Lösungen möglich.

Die erste Lösung, Farblichtsignale bei Tag und acht, benutzte gegen Ende des verflossenen Jahrhunderts e Schwebebahn Barmen–Elberfeld–Vohwinkel bahnbreend als erste oberirdische Anlage. Erst etwa 15 Jahre äter wurde diese Anordnung in Amerika mit lebhaftem fer aufgenommen; sie fand neuerdings viele Anhänger d Verfechter. Hand in Hand geht hiermit das Bestreben, e Eindruckfähigkeit dieser Farblichtsignale durch riche Wirkungsstärke der Lampen, richtige Ausbildung der behörteile usw. zu heben. Die zweite Lösung bilden e „Formlichtsignale mit weißem Licht“. Welche sung den Vorzug verdient, kann noch nicht als entieden angesehen werden. In Nordamerika überwiegen r Zeit die Farblichtsignale die Formlichtsignale.

Die uralte Hoffnung auf einen Eisenbahnbetrieb ter Fortfall aller Streckensignale kann vielleicht einl für die freie Strecke nach Lösung der Fernsteuerung d andrer Fragen verwirklicht werden. In Nordamerika rden merkwürdigerweise schon jetzt die Führerstandgnale als Mittel zur endgültigen Ausmerzung der ortten Signale betrachtet, obwohl für die Knotenpunkte, sonders für solche mit großer Betriebsdichte, auf die n- und Ausfahrsignale wohl niemals verzichtet werden nn.

Das Nachrichtenwesen steht in engen Behungen zum Sicherungswesen, die weiterhin noch viel enger geknüpft werden. Hier vergeht fast kein Monat, ja fast keine Woche, die nicht neue Überraschungen bringt, es sei nur an die neuesten Fortschritte der Kurzwellentelegraphie und -telephonie erinnert. Die Technik ist hier mit Riesenschritten vorangegangen, und manches, was dem vorigen Jahrhundert als Utopie erscheinen mußte, ist Wirklichkeit geworden.

Die bahneigenen Fernsprechnetze — die größeren und wichtigeren Knotenpunkte haben nach dem neuesten Stand der Technik Selbstanschlußämter — sind im allgemeinen so weit ausgebaut, daß jede Dienststelle eines Landeseisenbahnnetzes mit jeder andern Dienststelle sofort in Verbindung treten kann. Dasselbe gilt hinsichtlich des bahneigenen Telegraphennetzes.

Hier bieten sich heute ganz neue Entwicklungsmöglichkeiten. Wenn es schon für Flugzeuge eine unbedingte Forderung der nächsten Zukunft ist, daß ihre Besatzung dauernd in drahtloser Fernsprechverbindung mit Erdwetterstationen und den nächsten Flughäfen steht, und wenn die Technik die Erfüllung dieser Forderung einwandfrei ermöglicht, so wird dieser Standpunkt nicht minder Geltung für die Besatzung der Lokomotiven bekommen, und auch diese wird vor allem mit den für sie wichtigsten Dienststellen, den vor- und rückwärtsgelegenen Fahrdienstleitern dauernde Fernsprechverbindung erhalten müssen. In Deutschland wurde auf dem Verschiebebahnhof Pankow bei Berlin die erste derartige drahtlose Fernsprechanlage auf einer Verschiebelokomotive in Benutzung genommen.

Unter den durch persönliche Unachtsamkeit verursachten Eisenbahnunfällen spielt die Fahrt in einen besetzten Gleisabschnitt eine größere Rolle. Die Gefahr ist hier um so mehr gegeben, je mehr Bedienstete für die Freimeldungen in Frage kommen, wenn dem Fahrdienstleiter diese Prüfung von seinem Standpunkt aus nicht möglich ist. Hierfür hat die Fernmeldetechnik die Fahrschautafel geschaffen. Diese Tafel zeigt das gesamte Bahnhofsbild mit Weichen und Signalen in verkleinertem Maßstabe. An beleuchteten oder unbeleuchteten Gleisstreifen kann jederzeit ersehen werden, ob ein Gleisteil frei oder besetzt ist. Auch die Stellung der Signale kann dabei einwandfrei überprüft werden. Da eine örtliche Überprüfung der Gleise, Weichen und Signale nicht mehr notwendig ist, so kann das Stellwerk an beliebiger Stelle stehen. Wegen Platzmangels wurde es bei Untergrundbahnen schon auf der Erdoberfläche errichtet. Die Fahrschautafel hat sich im Sicherungswesen als wertvolles Hilfsmittel erwiesen. Großstadtschnellbahnen (Berlin, London usw.) können sie schon heute nicht mehr entbehren.

Diese Fernmeldeeinrichtung ist so verlockend, daß in nicht allzuweiter Ferne jede Betriebsleitung über eine große Fahrschautafel verfügen wird, die einen Überblick über die jeweilige Betriebslage des ganzen Bezirkes gibt. Die Betriebsleitungen sind dadurch in die Lage versetzt, die ihnen zugewiesenen Aufgaben auf die einfachste und schnellste Weise einzuleiten und durchzuführen. Zum schnelleren Vergleich des wirklichen Zugverkehrs auf der Bezirks-Fahrschautafel mit dem fahrplanmäßigen kann man sich eine besondere Einrichtung geschaffen denken, die Abweichungen gegenüber dem Fahrplan selbsttätig kennzeichnet. Derartige Gedanken sind für europäische Ingenieure um so mehr zulässig, da solche Befehlstellen schon vor geraumer Zeit in Amerika eingerichtet worden sein sollen[1]).

Durch die neueren Verfahren der Bildfernübertragung[2]) hat man die Übertragungsgeschwindigkeiten für

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 975.
[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 725.

Bild und Wort auf Sekunden herabgedrückt. Dieser Zweig der Fernmeldetechnik wird für die Betriebsüberwachung auf den Eisenbahnen ganz besonders große Bedeutung gewinnen.

Das Geburtsjahr des Eisenbahnsicherungswesens ist das Jahr 1843. Zum erstenmal wurden damals auf einer englischen Abzweighaltestelle die Stellhebel der Signale voneinander abhängig gemacht, so daß nicht beiden Linien gleichzeitig Fahrterlaubnis gegeben werden konnte. Aus diesen einfachsten Anfängen und Formen entwickelte sich das Sicherungswesen zu seiner heutigen Vielseitigkeit und Vollkommenheit. Die Grundgedanken sowie die Grundzüge waren hierbei immer dieselben.

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts herrschte das mechanische Stellwerk vor, bei dem die Weichen, Signale usw. durch Krafteinwirkungen des bedienenden Personals mittels Rohrgestänge oder Drahtzüge umgestellt oder sonst beeinflußt wurden. Leider konnte sich eine befriedigende, einheitliche Ausführung dieser Art von Stellwerk erst in dem Augenblick durchsetzen, als das mechanische Stellwerk seine Rolle ausgespielt hatte.

Denn anfangs der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts war dem handbedienten Sicherungswesen im Kraftstellwerk ein Nebenbuhler erwachsen, der in rücksichtsloser Ausnutzung seiner Überlegenheit sich in wenigen Jahren die gebührende Vormachtstellung errang, so daß man heute als Zeitpunkt, an dem kein mechanisches Stellwerk mehr neu errichtet wird, den Augenblick bezeichnen darf, wo die elektrische Kraftversorgung ohne Aufspeicherung in Akkumulatorenbatterien eine Dauerstromversorgung ohne Unterbrechung gestattet.

Auch in den wenigen Entwicklungsjahren des Kraftstellwerkes gab es zahlreiche Unterschiede, da verschiedene Kraftquellen Verwendung fanden. Das rein elektrische Kraftstellwerk hat jedoch wegen seiner Einfachheit, Klarheit und Übersichtlichkeit die übrigen Kraftarten verdrängt, so daß für Neuanlagen derzeit nur rein elektrische Stellwerke in Frage kommen.

Man wäre nun versucht, anzunehmen, daß die Ausbildung des Sicherungswesens trotz zahlreicher teils in den Verfahren begründeter, teils völlig unnötiger Unterschiede zum Abschluß gekommen ist. Hier haben, abgesehen von der Tatsache, daß es bei der Technik keinen Stillstand geben kann, verschiedene schwere Eisenbahnunglücke der letzten Jahre einige Lücken festgestellt. Besonders die Möglichkeit des Überfahrens eines Haltesignals, die vorzeitige Freigabe eines besetzten Gleisabschnittes, die vorzeitige Fahrstraßenauflösung haben in der Öffentlichkeit zu zahlreichen, oft von Sachunkenntnis strotzenden Ausführungen, Anregungen und Vorschlägen geführt. Die Betrachtung dieser Unglücksarten, bei denen allen nicht die Sicherungseinrichtungen, sondern der sie bedienende Mensch versagt, ist aber gerade für den Fachmann besonders wichtig, weil sie die klare Stellungnahme zur Frage, ob die Grundlage des Eisenbahnsicherungswesens weiterhin selbsttätig oder nichtselbsttätig sein soll, verlangt.

Das Idealziel der Selbsttätigkeit wäre die Übertragung des Eisenbahnbetriebsmodelles auf der deutschen Verkehrsausstellung München 1925 in die Wirklichkeit, wodurch mit einem Schlage die Berufe des Lokomotivführers, Weichenstellers und teilweise des Fahrdienstleiters überflüssig würden. Bis dahin ist jedoch noch ein weiter Weg.

Die Gegner des vollselbsttätigen Stellwerkes behaupten, daß bei diesem Verfahren die Mitwirkung des Menschen an der Unterhaltung und Überwachung der verwickelten Geräte die Personalersparnis bei der Bedienung vollständig aufzehre. Dagegen sprechen allerdings Erfahrungen bei den elektrischen Schnellbahnen, die o selbsttätige Sicherungen nicht mehr denkbar sind. D alle diese Fragen, die bei den Dampfeisenbahnen der sung harren, sind bei den elektrischen Schnellbah längst gelöst.

Vor allem muß aber berücksichtigt werden, daß rein nichtselbsttätige Sicherungsanlagen heute fast nicht mehr gibt, daß auch bei den handbedienten Anla sehr viele und sehr wichtige Abhängigkeiten du den elektrischen Strom erzeugt oder geprüft werd Diese selbsttätigen Sicherungseinrichtungen erford heute auch schon eine gründliche Unterhaltung, zu die weiteren selbsttätigen Einrichtungen zwanglos zutreten können. Noch einfacher liegen die Verhältni bei Betriebstellen, die schon elektrische Kraftstellwe haben. Bei ihnen ist es belanglos, ob zu den vorhande Hunderten, Tausenden oder Zehntausenden von Re noch einige weitere zwei- oder dreistellige Zahlen hin kommen.

Ein weiterer, wichtiger Punkt, der dem Grundged ken der Selbsttätigkeit im Eisenbahnsicherungswe immer festeren Boden gewinnen lassen wird, ist dauernde Zunahme der Geschwindigkeit. Die Höc geschwindigkeiten, die auf den Hauptbahnen der Kul länder im Schnellzugverkehr derzeit Anwendung fin betragen 70 bis 125 km/h, und zwar sind das Werte, im regelmäßigen Betrieb täglich ständig gleich hoch reicht werden. Die bei diesen Geschwindigkeiten sc häufig außerordentlich schweren Folgen der bei ha bedienten Sicherungen durch Irrtum oder Versagen ei Bediensteten entstandenen Eisenbahnunglücke werden zunehmender Geschwindigkeit, besonders bei elektrisc Betriebe, verschlimmert. Die Steigerung der Geschwin keiten verlangt daher ebenfalls erhöhte Sicherheits kehrungen, die nur die Selbsttätigkeit bietet.

Hieraus ergibt sich zunächst die Aufgabe, die Ü schreitung dieser erhöhten Geschwindigkeiten wegen i mehrfach gesteigerten schweren Folgen unter allen ständen zu verhindern. Die bisher schon bestehe Überwachung der Geschwindigkeit an wichtigen Strec wird durch eine einfache Vorrichtung, die die Einhalt der erlaubten Höchstgeschwindigkeit erzwingt, erg werden müssen.

Beachtenswert ist auch noch die auffallende Tatsa daß man immer mehr bestrebt ist, die Zahl der B dienungsgriffe im Sicherungswesen e zuschränken. Am Ende dieser Entwicklungsr steht die Selbsttätigkeit, ähnlich der Entwicklung Streckenblocks der elektrischen Schnellbahnen. handbediente Streckenblock mit vier Handgriffen für j Bedienung erforderte nach Fortfall der Induktorku noch drei Handgriffe. Dann genügte das Drücken Blocktaste mit einem Handgriff, bis die selbsttä Sicherung auch diesen letzten Handgriff und den Wä überflüssig machte.

Für die Eisenbahnen Mitteleuropas ist die Entsc dung in der Frage „selbsttätig oder nicht“ vielleicht n nicht so bald zu erwarten, da sie bei der gegenwärti Wirtschaftsnot voraussichtlich noch Jahre brauchen wer bis sie die Vorrangstellung vor dem Weltkrieg wieder nehmen. Dann wird sich die Beantwortung der Fr der selbsttätigen Sicherungseinrichtungen von selbst den Vordergrund drängen, besonders an den wichtig Verkehrsknotenpunkten mit Betriebschwierigkeiten, sie hier gegenüber Handbedienung den Vorteil größe Freiheit in der Durchführung dauernder und sehr dic Zugfolge bietet. [B 2097]

Fertigungsarten der Massenherstellung in der Feinmechanik[1])

Im Gegensatz zum eigentlichen Maschinenbau gibt es in der feinmechanischen Technik sehr häufig Anwendungsmöglichkeiten der Massenherstellung, da innerhalb einer Einheit, z. B. einer Rechenmaschine, eine große Anzahl völlig gleichgestalteter Teile vorkommen und man häufig gezwungen ist, sich mit den Herstellverfahren nach dem Ablieferungspreis zu richten. Infolgedessen bilden sich gerade innerhalb der feinmechanischen Technik Fertigungsarten besonderer Art heraus, deren Beschreibung von allgemeinem Interesse ist. Zunächst hat man sich von der Vorstellung freizumachen, als handle es sich hier ausschließlich um kleine und kleinste Teile. Das Gewicht der Einzelteile einer Rechenmaschine schwankt zwischen wenigen Zehntel Gramm und dem Gewicht eines Maschinengehäuses von ungefähr 3,5 kg. Trotzdem sind die Vorbedingungen für Massenfertigung gerade beim Bau von Rechenmaschinen gegeben, da auch die größten Stücke so häufig vorkommen, daß die Arbeitsverfahren der spanlosen Formung wirtschaftlich werden.

Es handelt sich im wesentlichen um die kennzeichnenden Herstellarten der Stanzereitechnik sowie einige von ihr abhängige zusätzliche Bearbeitungsarten.

Bei einer Massenfertigung muß man sich von der Geschicklichkeit des Bedienungsmannes möglichst unabhängig machen. Die Arbeit wird von der Maschine unter Zuhilfenahme der Vorrichtung geleistet. Der Arbeiter hat nur noch die Maschine in Gang zu setzen und die Vorrichtung, z. B. zur Werkstoffzufuhr, zu bedienen. Es ist auch beim Bau von Rechenmaschinen möglich gewesen, in der Hauptsache ungelernte Arbeiter und auch Arbeiterinnen zu verwenden.

Von den verschiedenen Fertigungsarten der Stanzereitechnik, deren Grundplan im AWF-Blatt 500 veröffentlicht ist, werden bei der hier vorliegenden Fertigung das Schneiden mittels der verschiedenenartigsten Schnittwerkzeuge und das davon unabhängige Verfahren des Stanzens mittels der Biege- und Formstanze, der Präge- und Planierstanze in sehr vielseitigen Betätigungsformen angewendet. Das Schneiden wird demnach zur Werkstofftrennung, das Stanzen zum Werkstoffumformen angewendet; mittels der Verbundwerkzeuge wird geschnitten und umgeformt.

[1]) Auszug aus dem Vortrag von Dr.-Ing. Hoffmeister, Braunschweig, gehalten in der betriebstechnischen Tagung gelegentlich der 65. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Hamburg.

Werkstofftrennung durch Schneiden

Hoffmeister unterscheidet zwischen einschnittigen und mehrschnittigen Trennwerkzeugen. Das Unterscheidungsmerkmal ist dadurch gegeben, daß beim einschnittigen Freischnitt und dem ebenfalls einschnittigen Säulenführungsschnitt, Abb. 1 bis 10, mittels eines Hubes eine Umrißlinie oder wie beim sogen. Mehrfachschnitt mehrere nebeneinander liegende Umrißlinien ausgeschnitten werden. Meist läuft die Umrißlinie in sich selbst zurück, so daß das zu trennende Werkstück völlig vom Werkstoffstreifen oder der Tafel abgetrennt wird. Bei den mehrschnittigen Trennwerkzeugen werden nicht mehr ein Umriß in einem Stempelhub, sondern mehrere ineinanderliegende Umrißlinien abgetrennt. Ihre häufig vorkommenden Anwendungsformen sind: der Folgeschnitt und der Gesamtschnitt.

Abb. 11 bis 14 stellen eine kennzeichnende Form des Folgeschnittes dar, bei dem zur Herstellung eines einzelnen Stückes mindestens zwei Hübe erforderlich werden. Zuerst werden die inneren Umrisse oder die Lochungen eines im zweiten Hub erst auszuschneidenden Werkstückes hergestellt. Hierauf wird der Werkstoffstreifen bis zu einem Anschlag, der in Gestalt eines Einhängestiftes oder des sogenannten Seitenschneiders vorhanden ist, weitergeleitet, bis die inneren Umrißlinien genau in der gewünschten Lage unter einem zweiten Schnittstempel liegen; in einem zweiten Hub werden danach die äußeren Abmessungen des Werkstückes hergestellt. Die beiden Arbeitsgänge sind zwischen Vorlocher und Schnittstempel so gekuppelt, daß bei jedem Hub ein fertiges Stück aus der Exzenterpresse herausfällt.

Der mehrschnittige Gesamtschnitt, auch Komplettschnitt genannt, ist in Abb. 15 bis 19 dargestellt. Hier wird der Werkstoff im Gegensatz zum Folgeschnitt nicht zwangläufig in das Werkzeug eingeführt, sondern nach dem Gefühl an Führungsstiften weitergeschoben. Das Werkstück wird durch einen unter Federdruck stehenden Ring des Unterteiles festgeklemmt, der gegen eine feste Gegenlage im Oberteil drückt. Danach beginnt das gleichzeitige Ausschneiden der inneren und äußeren Trennlinien, die in der Abbildung die beim Bau von Rechenmaschinen benutzten kennzeichnenden Zahnsegmente aufweisen. Während der Werkzeugoberteil, der vollständig die Form des

Abb. 1 bis 10
Aufbau eines einschnittigen Säulenführungsschnittes

Werkzeuges hat, feststeht, wird das formgleiche Gegenstück im Werkzeugoberteil durch eine Feder nachgiebig angeordnet. Der äußere Schnittstempel des Oberteiles stößt den durch den gefederten Ring festgeklemmten Werkstoff nach unten, wobei die Schnittwirkung an der Schnittkante des Werkstoffoberteiles zustande kommt. Gleichzeitig arbeitet der äußere Stempel des Oberteiles als gewöhnlicher Säulenführungsschnitt mit der inneren Schnittkante des unten feststehenden Werkstückunterteiles zusammen. Beim Hochgehen des Oberteiles wird das äußere Abfallstück durch den unter Federdruck stehenden Ring auf das Werkzeug aufgeschoben.

Die Führung beim Blockschnitt erfolgt entweder durch geschliffene Führungsbolzen, die zweckmäßig verschieden dick ausgebildet werden, um ein falsches Aufeinandersetzen von Oberteil und Unterteil zu vermeiden, oder durch Zylinderführung, die in der Werkzeugtafel des AWF-Blattes 501 im Zylinderführungsschnitt oder Blockschnitt dargestellt ist.

Außer diesen Grundformen der eigentlichen Schneidwerkzeuge werden noch Sonderwerkzeuge der Stanzereitechnik bei dem sogenannten Halbschnitt mit dem Schabeschnitt benutzt. Beim **Halbschnitt** wird das sog[e]nannte Stechen oder Durchreißen angewendet, der Tren[n-] oder Schervorgang wird nicht soweit ausgeführt, daß Wer[k-]stoff abfällt, Abb. 20 bis 23. Nur ein Teil davon wi[rd] angeschnitten und danach durch dasselbe Werkzeug [in] zweckmäßige Lage und Form gebracht, also umgeforn[t]. Es handelt sich also im Grunde genommen um eine Ve[r-]bindung zwischen Trenn- und Umformwerkzeug. Der Hal[b-]schnitt drückt z. B. aus der ebenen Werkstofffläche v[on] kleinen Zahnrädern warzenförmige Mitnehmerkörper he[r-]aus, die durch Hartgummiringe hindurchragen, um eine Ve[r-]bindung mit einem dritten Teile z. B. einer Messingscheib[e,] in der Aussparungen vorgesehen sind, herzustellen. D[ie] Teile werden sodann unter Druc[k-]wirkung vereinigt. Der Wer[k-]stoff wird etwa um ein Dritt[el] seiner Dicke durchgedrückt[2]).

Abb. 11 bis 14 Aufbau eines Folgeschnittes

Die Stempeldurchmesser d[es] Werkzeugoberteiles werden u[m] etwa ein Zweiunddreißigstel gr[ö-]ßer ausgeführt als die zugehör[i-]gen Lochdurchmesser des Wer[k-]zeugunterteiles. Für den Hal[b-]schnitt müssen stets ausreichen[d] Abstreif- und Auswerfmöglichke[i-]ten vorgesehen sein.

Abb. 24 bis 25 zeigen den Au[f-]bau eines **Schabeschnitte[s]**, der dazu dient, bereits vorgearbe[i-]tete Teile mit genau maßhaltige[n] Lauf- oder Paßflächen zu ve[r-]sehen. Bei der Herstellung vo[n] Rechenmaschinen wird der größt[e] Teil der Zahnräder durch Au[s-]schneiden und nachträgliche[s] Schaben hergestellt. Es hande[lt] sich hier also nicht um spanab[-]hebende Formung, sondern u[m] einen gewöhnlichen Trennvo[r-]gang, bei dem der Werkstoffab[-]fall gegenüber sonstigen Abfälle[n] beim Schneiden verschwinden[d] klein genannt werden kann. Ei[ne] Werkstoffzugabe von 0,1 bis 0,2 m[m] beim Schaben hat sich bewährt.

Abb. 15 bis 19 Aufbau eines mehrschnittigen Blockschnittes

[2]) Werkstattstechnik Bd. 19 (1925) S. 2[…]

Abb. 20 bis 23. Halbschnitt

Abb. 24 und 25. Aufbau eines Schabeschnittes

Werkstoffumformen durch Stanzen

Das Stanzwerkzeug unterscheidet sich grundsätzlich vom Schnitt durch die Ausführung eines ganz anders gearteten Arbeitsvorganges, des Umformens. Der Oberteil eines Stanzwerkzeuges setzt sich bei den nachstehend beschriebenen Fertigungsarten fest auf den Unterteil auf und formt dabei den dazwischen liegenden Werkstoff um, ohne Trennvorgänge auszuführen.

Man unterscheidet die Arbeitsvorgänge des Stanzens nach dem AWF-Blatt 500 (Grundplan) in

Biegen,
Rollen,
Formpressen,
Planieren oder Flachstanzen und
Prägen.

Bei der Anfertigung von Rechenmaschinen wird eine Überleitung zum Umformen, das häufig verwendete Aufdornen, ausgeführt, wenn es sich darum handelt, geringe unzulässige, außerhalb der Toleranz liegende Maße, die z. B. beim Aufreiben durch harte Stellen im Werkstoff oder durch ungleiche Schnittgeschwindigkeiten entstehen, durch Verdichten des Werkstoffes auszugleichen. Das häufig angewendete Planieren ist eine dem Aufdornen verwandte Fertigungsart, um Abmaße bis zu 0,15 mm auf das zulässige Maß von 0,025 mm durch Werkstoffverdichten auszugleichen. Das Planieren unter einer Exzenterpresse ermöglicht, zwischen den ebenen Flächen von Ober- und Unterstanze Werkstücke, die sonst Ausschuß werden, ohne weitere Bearbeitung wieder in die zulässige Toleranz zu bringen.

Abb. 26 bis 30. Gußeisernes mehrteiliges Maschinengehäuse, ersetzt durch einen einteiligen Blechrahmen

Abb. 31 bis 34
Aufbau einer Biege- und Stauchvorrichtung
a Bohrung für eine Abstreifvorrichtung

Abb. 35 bis **39.** Kragennietung

Beim Formpressen wird das Werkstück zwischen Werkzeugober- und -unterteil mit Stempeln von beliebiger Formgebung umgeformt, an denen sich aber, der gleichbleibenden Dicke des Werkstoffes entsprechend, Vertiefung im Unterteil und Erhöhung im Oberteil gegenüberstehen. Dieses Arbeitsverfahren wird bei der Herstellung von Rechenmaschinen als besonders wirtschaftlich angewendet, um die früher aus Gußeisen hergestellten Teile, wie z. B. das Maschinengehäuse, Abb. 26 bis 30, das aus mehreren Stücken zusammengesetzt wurde, aus einem Stück in möglichst wenig Arbeitsgängen einbaufähig anzufertigen.

Die früher notwendige Bearbeitung durch einseitige Spanabnahme hatte in den weitaus meisten Fällen ein Verziehen des Werkstückes zur Folge, das besonders in der Grundplatte des Gehäuses auftrat, obschon sie als Rippenkörper ausgebildet war. Die vorangegangene Wärmebehandlung änderte nicht viel an diesem Übel. Selbst nach längerem Lagern trat ein Reißen der Rippen ein. Eine Verstärkung der Rippen brachte nicht genügenden Erfolg. Das Rechenmaschinen-Gehäuse wird jetzt aus einem 5 mm dicken Eisenblech von etwa 3,5 kg Festigkeit und 20 vH Dehnung in einem Stück hergestellt. Die ehedem notwendigen Verstärkungsrippen wurden durch Formänderungen, durch gepreßte Profile des Blechkörpers ersetzt, deren Lage und Gestaltung nur durch Versuche ermittelt werden konnte.

Eine weitere Fertigungsart des Umformens ist das Biegen mit einer Vorrichtung, die aus Abb. 31 bis 34 ersichtlich ist; u. a. werden die Deckel für Rechenmaschinen mittels entsprechender Biegevorrichtung geformt. Sie besteht aus starrem Oberteil und Unterteil, die angenähert die zu biegende Form der Werkstücke erhalten. Eine genaue Formbiegung kann deshalb nicht erreicht werden, weil die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffes eine Rückfederung des Werkstückes nach der Biegung hervorrufen. Deshalb ist eine Verbindung des Biegens mit gleichzeitigem Stauchen mit Erfolg versucht worden. Die auf den Werkstoff wirkenden Kräfte müssen in einem solchen Werkzeug senkrecht aufeinander gerichtet sein; ein so gebogenes und gestauchtes Stück erfordert danach keine weitere Höhenbearbeitung mehr. In der Biegelinie werden dabei verhältnismäßig große Aussparungen notwendig, damit der zu stauchende Querschnitt klein gehalten wird. Anderseits dürfen die Aussparungen nicht so groß sein, damit dem Winkel genügend Festigkeit verbleibt. Die Größe der Aussparung kann nur durch Versuche ermittelt werden. Als Annäherungswert kann dienen, daß der Biegequerschnitt etwa auf ein Drittel bis zur Hälfte des ursprünglichen Maßes verringert werden kann. Für Werkstoffe mit den oben angegebenen Festigkeitszahlen genügt ein Stauchmaß von 0,8 bis 1 mm; um eine genau rechtwinklige Stel-

Abb. 44 bis **46.** Kreuzkerbnietung

Abb. 40 bis **43.** Anwendung der Kreuzkerbnietung bei einem Zahlenrad, bestehend aus Laufbüchse, Gummischeibe und Zahnrad

lung der gebogenen Teile zu erreichen, biegt man auf 9 bis 94 °.

Aus der umfassenden Anwendung dieser Arbeitsvo gänge, insbesondere des Stanzens und Stauchens ergebe sich für die Massenfertigung auch besondere Arte der unlösbaren Verbindung zweier oder mehrer zusammenzusetzender Teile, z. B. in Gestalt der Krage nietung und der Kerbnietung, bei denen der Werkstoff d einen Teiles als Verbindungsmittel benutzt wird.

Bei der Kragennietung wird, wie der Nan schon andeutet, kragenförmig geformter überstehender Werk stoff mit dem anderen Teil durch Druck oder Schlag ve bunden. Abb. 35 bis 39 zeigen die Kragennietung ein Buchse und eines Bolzens. Bei der Kragennietung d Buchse wird der sich auf natürlichem Wege ergebend Bund zum Vernieten benutzt und zur Erhöhung d Reibung zwischen den beiden Teilen das Gegenstück bei Lochen gleichzeitig eingekerbt. Bei dem Bolzen wird i dem Teile rechts der Kragen durch körnerartiges Ei drehen hergestellt. Viel häufiger aber ist die Verbindun durch Kerbnietung, die sich oft an Stelle der Kr gennietung anwenden läßt. Abb. 40 bis 43 zeigen ei Zahlenrad, das aus Laufbuchse, Gummischeibe und Zahnr zusammengesetzt wird. Kragennietung wäre ohne weiter möglich; jedoch bei der untergeordneten Bedeutung dies Teile ist die Kreuzkerbnietung vollständig ausreichen deren Ausführung noch genauer aus Abb. 44 bis 46 e sichtlich ist.

Erwähnt seien noch einige zusätzliche Bearbeitung arten, die durch die Eigenart der spanlosen Formung b dingt sind, aber in den Bereich der spangebenden Arbeit vorgänge gehören. Es werden besondere Einrichtunge nötig, um die vorgelochten oder durch Kragennietung au gebuchsten Bohrungen, z. B. der Maschinenrahmen na dem Biegen und Formpressen, aufzureiben, wobei die Rei ahle in geschliffenen, nachgiebig gelagerten Buchsen g führt ist, so daß sich das Werkstück willig den abweiche den Seitenbewegungen der Reibahle anpaßt.

Auch beim Gewindeschneiden ist eine elastische Ei spannung der kleineren Gewindebohrer mit Erfolg ve sucht worden, indem man eine 20 cm lange Verlängerun aus 1,5 mm dickem Draht dazwischenschaltete. Schließlic sei noch auf die besonderen Einrichtungen beim Drehen un Fräsen kleiner Massenteile hingewiesen, die sich bei d Herstellung von Rechenmaschinen gut bewährt haben; ih bildliche Darstellung ist der Zeitschrift „Maschinenbau"[3] zu entnehmen. An dieser Stelle sind die hier nur ang deuteten Umrisse des Hoffmeisterschen Vortrages durc eingehende Schilderungen ausgefüllt. Man wird der A wendung oft neuartiger, im Maschinenbau ungewohnte Arbeitsverfahren in Zukunft sehr sorgfältige Beachtun schenken müssen, wenn die Möglichkeit vorliegt, die lohn und kostensparenden Arbeitsverfahren der Massenfertigun auch im eigentlichen Maschinenbau anzuwenden.

Berlin [M 2359] E. Dinse

[3]) Maschinenbau Bd. 5 (1926) S. 777 u. 835.

C H R O N I K 1926

(Fortsetzung von Seite 100)

Brücken und Baukonstruktionen

Allgemeines Wenn wir auch im allgemeinen Wirtschaftsleben im vergangenen Jahr etwas vorangekommen sind, so war und ist gegenwärtig die Lage des gesamten Baumarktes nichts weniger als befriedigend. Ob die Milderung der Wohnungszwangswirtschaft in Preußen den Häuserbau belebt, muß abgewartet werden, weil die Geldbeschaffung für Wohnhäuser unsicher bleibt, solange sie nur zur Unterstützung der Baugenossenschaften aus öffentlichen Mitteln dient, ohne daß die Unternehmer der freien Privatwirtschaft die Möglichkeit haben, hier mitzuwirken.

Nachdem 6,4 vH der gesamten deutschen Einwohnerschaft erwerbslos geworden sind und auf Kosten der Allgemeinheit unterhalten werden müssen, hat die Reichsregierung ein Arbeitsbeschaffungsprogramm aufgestellt, das möglicherweise einen Wendepunkt in der Wirtschaftslage, besonders der im Bauwesen beschäftigten Unternehmungen und Werke, ergeben kann. So wird die Reichsbahn durch Darlehen zur schnellsten Ausführung ihrer geplanten Bauten veranlaßt, z. B. zum elektrischen Betrieb der Berliner Stadtbahn, ebenso die Reichspost zum Beginn von Hochbauten und Errichtung von selbsttätigen Fernsprechämtern, Kreise und Gemeinden zu Straßenbauten als öffentliche Notstandsarbeiten. Großzügig ist jedoch das Programm in bezug auf die Ausgestaltung des Wasserstraßennetzes.

Im Bauwesen hat also das Arbeitsbeschaffungsprogramm der Reichsregierung eine belebende Wirkung ausgeübt, die hoffentlich das gesteckte Ziel erreicht, wenn auch erst in langsamem Fortschritte. Man verspürte nur strichweise in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahres eine geringe Verbesserung der Bautätigkeit, während im allgemeinen die Hoffnungen noch nicht in Erfüllung gegangen sind und letzten Endes die wenigen Bauten und die vielen Bewerber zu sehr niedrigen Preisen sowohl bei den Beton- und Eisenbeton- als auch bei den Eisenbauten geführt haben. Besonders kommt beim Eisenbau noch der Umstand erschwerend hinzu, daß ein großer technischer Apparat aufrecht erhalten werden muß, wenn nicht Rückschritte folgen sollen.

Eisenbau Wie im vorigen Jahresbericht erörtert, steht der Eisenbau auch in diesem Jahre unter dem Einfluß des hochwertigen Baustahles St. 48. An größeren Brückenbauten sind vollendet oder nahezu zum Abschluß gebracht: die Elbebrücke bei Hämerten und die Rheinbrücke bei Duisburg-Hochfeld[1]), die Oderbrücke bei Küstrin, die Verbreiterung der Düsseldorfer Straßenbrücke über den Rhein, und die Friedrich-Ebert-Brücke in Mannheim[2]). Bei Hochbauten wie der Erbauung des aus umfangreichen Eisenkonstruktionen bestehenden Großkraftwerks Rummelsburg und der Wagenhalle für die Aboag in Charlottenburg u. a. ist der Flußstahl St. 48 noch nicht verwendet worden, aus den im vorigen Bericht angegebenen Gründen. Durch weitere Eisenbahn- und Straßenbrücken, besonders auch infolge der geplanten Kanalbauten ist wohl Aussicht vorhanden, daß in gewissen Teilen des Reiches der bisherige Beschäftigungsgrad nicht nachläßt. Solange aber der Industriebau und der Trägerbau im städtischen Hochbau, vor allem aber, solange die Ausfuhr nicht wieder auflebt, genügen die Aufträge nicht dem Arbeitsbedürfnis des Eisenbaues. Wie im Bericht über die Aachener Tagung des Deutschen Eisenbau-Verbandes hervorgehoben[3]), ist in technischer Hinsicht ein großer Fortschritt auf dem Gebiete der Montagekunst zu verzeichnen, die auch große Anforderungen an die Leistungen der Kran- und Fördereinrichtungen stellt.

Eisenbetonbau Auch hierfür gilt das vom Eisenbau Gesagte, soweit es sich um die großzügigen maschinellen Einrichtungen der Bauplätze handelt, die namentlich durch das im vorjährigen Bericht bereits hervorgehobene Gußverfahren hervorgerufen sind. Von den Ausführungen sind besonders erwähnenswert: Ausstellungsbauten der Gesolei in Düsseldorf, verschiedene Kuppelausführungen neuer Bauart für Planetarien (Zeisswerke Jena), Druckereigebäude Ullstein und für den deutschen Buchdrucker-Verband in Berlin, Zwillingsschachtschleuse in Fürstenberg a. O., Neckarstufen Ladenberg und Wieblingen, Kachletstufe Passau, Vöhrenbach-Talsperre im Schwarzwald, Reinwasserbehälter Rothenburgsort bei Hamburg, Spandau und Müggelsee bei Berlin, Kaimauern in Bremerhaven und verschiedene Pumpwerke und Kläranlagen, Neubau der alten Brücke in Frankfurt a. M., der Lahnbrücke bei Niederlahnstein mit 78 m Spannweite und einer Straßenbrücke über die Warthe in Landsberg (Gerberbauart über fünf Öffnungen von je rd. 30 m Spannweite).

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 993.
[2]) Vergl. Z. S. 79. [3]) Vergl. Z. S. 1719.

Wissenschaftliche Arbeiten In wissenschaftlicher Hinsicht geht es wie im Vorjahr in Verbindung mit der Praxis in hocherfreulichem Maße vorwärts. Zu den hochwertigen Baustoffen hat sich der Silizium-Stahl[4]) gesellt, der eingehenden Untersuchungen betr. Streckgrenze, Bruchfestigkeit, Scherfestigkeit usw. unterzogen worden ist. Wenn erst feststeht, wie er am wirtschaftlichsten hergestellt werden kann, so wird vermöge seiner vorzüglichen Eigenschaften — Bruchfestigkeit 48 bis 58 kg/mm², Mindeststreckgrenze 36 kg/mm² und Mindest-Bruchdehnung 22 vH — in kurzer Zeit ein hochwertiger Siliziumstahl verfügbar werden, der noch wirtschaftlichere Eisenbauten liefert als St. 48.

[C 2692] Karl Bernhard

[4]) Vergl. Z. S. 860.

Wasserbau und Binnenschiffahrt

Wasserstraßen Die Schiffahrtsverhältnisse auf dem Rhein sind durch Schaffung einer Fahrtiefe unter gem. N.-W. von 3,00 m bis Köln, 2,50 m bis St. Goar und 2,00 m bis Straßburg, die im Reichsgesetz vom 21. Dezember 1911 vorgesehen war, verbessert worden.

Obwohl kein rechtes Bedürfnis dafür vorlag, ist beschlossen worden, den Datteln—Hamm-Kanal nach Lippstadt fortzusetzen, während über die dringlichere Erweiterung des Dortmund—Ems-Kanals noch nichts beschlossen ist.

Die Anpassung des Ems—Weser-Kanals an das 1000 t-Schiff durch Hebung des Kanalspiegels um 40 cm ist vorgesehen. Durch Kanalisierung der Weser oberhalb Minden soll die Weserschiffahrt verbessert werden. Die Fertigstellung des Mittellandkanals ist gesichert. Im Gebiete der Märkischen Wasserstraßen wird der Ihle—Plaue-Kanal für 1000 t-Schiffe fahrbar gemacht.

In A m e r i k a wendet man dem Ausbau der im Wettbewerb mit den Eisenbahnen stark vernachlässigten Binnenschiffahrtswege große Aufmerksamkeit zu. Staatssekretär Hoover erklärte den Ausbau des Mississippi für die Schiffahrt für dringend notwendig. Durch den Welland-Kanal, der die Niagarafälle umgeht und für Seeschiffe fahrbar gemacht werden soll, soll die Seeschiffahrt über den Lorenz-Strom bis nach den Großen Seen geführt werden. Durch neue und zu verbessernde Binnenkanäle soll die Binnenschiffahrt gefördert werden.

Kunstbauten Durch Fertigstellung der Schleusenanlage in der Kachlet-Stufe unterhalb Regensburg ist die Herstellung der Rhein—Main—Donau-Wasserstraße weiter gefördert worden. Bei den westlichen Kanälen ist mit der kurz vor Jahresschluß fertiggestellten Ruhrschleuse bei Duisburg für 1700 t-Rheinschiffe die Leistungsfähigkeit des Mittellandkanals im fertigen Abschnitt wesentlich gesteigert worden. Die Arbeiten an der Schleuse bei Anderten schreiten fort. An Stelle des Abstieges zur Oder bei Fürstenberg mit drei Schleusen wird eine Schachtschleuse von über 14 m Gefälle gebaut. Neben den drei Schleusen, durch die der Hohenzollernkanal bei Niederfinow zur Oder abfällt, soll ein Schiffshebewerk gebaut werden, das die 36 m Gefäll überwinden wird. Die Frage, ob bei Schiffshebewerken die Trockenförderung gegenüber der Förderung in schwimmendem Zustande den Vorzug verdient, soll durch ein Preisausschreiben geklärt werden. Die Vorbereitungen zum Bau eines Staubeckens bei Ottmachau im Gebiete der Neisse, um die Fahrtiefen der Oder unterhalb Breslau—Ransern zu verbessern, sind so weit gediehen, daß mit dem Bau begonnen werden konnte.

In F r a n k r e i c h ist der 7,3 km lange Tunnel du Rove im Zuge des Kanals von Marseille zur Rhone vollendet worden; er wird dem Verkehr von 1000 t-Schiffen dienen.

Betriebsfragen Auf dem Gebiete der Kanalschiffahrt verspricht die sogenannte Treidelschwebebahn nach dem Patent Müller große Fortschritte[1]).

Nachdem die Berliner Häfen schon vor einigen Jahren in privatwirtschaftlichen Betrieb übergegangen waren, sind die Duisburg-Ruhrorter Häfen, die von einer Aktiengesellsellschaft, an der Staat und Stadt beteiligt sind, betrieben werden sollen, aus der rein staatlichen Betriebsform ausgeschieden.

Seehafenbau Auf dem Gebiete des Seehafenbaues geht in Bremen-Stadt die Erweiterung des Hafens II seiner Vollendung entgegen. In Bremerhaven ist die Kaimauer am offenen Strom (Columbus-Kai) fertiggestellt worden. Hamburg nimmt die Erweiterung seiner Hafenanlagen westlich vom Kohlbrand in Angriff.

[C 18] G. de Thierry

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 65.

Wasserkraftanlagen und Talsperren

Allgemeines Im Inland sind keine neuen Großanlagen in Angriff genommen worden. Die Tätigkeit beschränkte sich auf einige wenige Klein- und Mittelanlagen und auf Fertigstellungsarbeiten an den letzten Großanlagen. Hemmend wirkt der immer noch sehr hohe Zinsfuß. Da man damit rechnet, daß die fallende Tendenz des Zinsfußes anhält, ist ein Wiederaufleben der Vorarbeiten zu beobachten.

Die reich beschickte Internationale Ausstellung für Binnenschiffahrt und Wasserkraftnutzung in Basel[1]) ergab ein anschauliches Bild von dem hohen Stande des Wasserkraft- und Talsperrenbaues. Anschließend an die Ausstellung fand eine Sondertagung der Weltkraftkonferenz statt.

Im Inland Die Schwarzenbachsperre[2]) ist vollständig fertig, das Becken gefüllt. Als weiterer Ausbau des Schwarzenbachwerkes wurde die Hundsbachbeileitung gebaut, hierbei erwähnenswert ein kleines Wehr mit Rehbockscher Zahnschwelle[3]) und ein größerer Holzrohrdüker. Die Bauarbeiten des Kachletwerkes[4]) sind beendet; die Inbetriebnahme soll 1927 erfolgen. Die Anlage Wurzen an der Mulde ist fertiggestellt (Ausbauwassermenge $Q_v = 104$ m³/s, $H = 6{,}8$ m, 22 Mill. kWh). Das Werk Lappin an der Radaune (Freistaat Danzig) ist in der Hauptsache vollendet, ebenso Krien an der Stolpe (Überlandzentrale Pommern A.-G.).

Die Staustufe Ladenburg des Großschiffahrtweges Mannheim-Plochingen (Neckarkanal) ist noch im Bau: Walzenwehr, Betonförderung mit Transportband, Werk- und Schiffskanal mit Betonschale, Kraftwerk und Kammerschleusen oberhalb Mannheim.

Die Holzrohrleitung der Stadt Gotha[5]), beachtenswert durch ihre Länge, ist in Betrieb genommen ($L =$ 9300 m, 460 mm Dmr., stat. Druck 32 m).

Im Ausland Österreich. Die Bauarbeiten des Achenseewerkes (100 000 PS) in Tirol mit beachtenswertem Druckschacht für rd. 400 m Gefäll und durch Senkkästen hergestelltem Seeanstich sind größtenteils beendet. Der Lünersee ist abgesenkt und wird gedichtet.

Schweiz. Im Bau ist das Grimselwerk mit der Gelmerseesperre. Die Vorarbeiten für das Rheinkraftwerk Schwörstadt[6]) (106 000 PS) sind soweit fortgeschritten, daß 1927 mit dem Bau begonnen werden kann.

Irland. Die Bauarbeiten des staatlichen Shannonkraftwerkes[7]) sind im Gange: Bewegliches Wehr; Werkkanal 12 km lang, 90 m breit und bis 11 m tief; hohe Dammschüttungen mit besonderem Großgerät; stählerne Druckrohre mit 6 m l. W., 6 Turbinen mit stehender Welle von je 38 500 PS, insgesamt also 230 000 PS.

Schweden. Die Norrfors-Wasserkraftanlage ($H =$ 38 m, $Q_v = 2 \times 32 = 64$ m³/s, $N = 25\,000$ PS) wurde in Betrieb genommen. Mit den Bauarbeiten an der Anlage Lanforsen (32 000 PS) ist begonnen worden. Das Werk Lila-Edet ist jetzt im Betrieb.

Norwegen. Die obere Stufe der Nore-Wasserkraftanlage ist im Bau ($H = 360$ m). Bemerkenswert die Zwillings-Freistrahlturbine von 36 000 PS von J. M. Voith.

Finnland. Das Imatrawerk für 200 000 PS ist im Bau.

Rußland. Das Wehr der Anlage Semo-Awtschali im Kurafluß bei Tiflis (Siemens-Bauunion) ist fertiggestellt.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1311; auch über die Weltkraftkonferenz Basel wird demnächst in dieser Zeitschrift berichtet werden. Vergl. ferner „Bauingenieur" Bd. 7 (1926) S. 665 und 676. „Deutsche Wasserwirtschaft" Bd. 21 (1926) S. 113.

[2]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 718. [3]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1382.

[4]) Vergl. „Deutsche Wasserwirtschaft" Bd. 21 (1926) S. 129 und S. 146, „Bauingenieur" Bd. 7 (1926) S. 561. [5]) Vergl. „Bauingenieur" Bd. 6 (1925) S. 991.

[6]) Vergl. „Schweiz. Bauz." Bd. 88 (1926) S. 13.

[7]) VDI-Nachrichten 1926 Nr. 50, Z. Bd. 71 (1927) S. 28, Siemens-Progreß (engl. Ausgabe der Siemens-Bauunion-Zeitschrift) 1926 Nr. 1 bis 3

Frankreich. Das Staukraftwerk Eguzon[8]) ist
Betrieb genommen: 63 m hohe Schwergewichtmauer, 23 0
später 100 000 PS.

Spanien. Das Staukraftwerk Camarasa[9]) mit 10
hoher Schwergewichtmauer und 100 000 PS ist in Betri
selbsttätige Sektorschützen aus Eisenbeton mit 6,90 m St
höhe und 27 m l. W.

Italien. Die Anlage am Coghinas[10]) auf Sardini
ist fertiggestellt: Schwergewichtmauer von 55 m Hö
Beckeninhalt 260 Mill. m³, senkrechter Druckschacht 1
nachgiebiger Dichtung unmittelbar hinter der Staumau
stat. Druckhöhe 97 m; unterirdisches Krafthaus und 3,8
langer Unterwasserstollen.

Wasserkraftanlage Liro bei Chiavenna ist im Bau,
triebseröffnung voraussichtlich nächstes Jahr: 750 m
fälle, 6×30 000 = 180 000 PS, 11 km Freispiegelstollen, zw
Druckschächte mit 2 m l. W.

Ägypten. Die Sennar-Staumauer am blauen Nil
ist fertiggestellt: Länge 3025 m, größte Höhe über Gr
dung 40 m, Nutzinhalt des Staubeckens 485 Mill. m³;
wässerte Fläche, insbesondere Baumwollkulturen,
1200 km².

Vereinigte Staaten von Amerika. I
1500 m lange und 36 m hohe Wilson-Wehr und die Wass
kraftanlage Muscle Shoals[12]) sind im Betrieb (264 800
2190 Mill. kWh, späterer Ausbau 612 000 PS.

Für Conowingo am Susquehanna[13]) haben die B
arbeiten begonnen: 7 Turbinendynamos von je 50 000
$H = 27$ m, 1360 Mill. kWh; Drosselklappen von 8,2 m Dm
Stauwehr und Maschinenhaus von 1500 m Gesamtlänge
einer Achse; 50 Stoneyschützen von 12,2 m l. W. und 7
Höhe, 3 Senkschützen von 12,2 m l. W. und 3 m Höhe.

Im Hudsonfluß ist das Shermaninsel-Wehr
(aufgelöste Mauer bei Gründung auf Geschiebe) mit 168
Länge und 19 m Stauhöhe in Betrieb genommen. In Ka
fornien wurde eine Gewölbestaumauer in Stevenson Cre
zu Versuchszwecken gebaut[15]): Höhe 18, später 30 m, Ha
messer 30 m, Mauerdicke unten 2,30 m, oben 0,61 m.

[C 2689] Adolf Ludin

[8]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 896.

[9]) Vergl. „Le Genie Civil" Bd. 88 (1926) S. 429.

[10]) Vergl. „Deutsche Wasserwirtschaft" Bd. 21 (1926) S. 207.

[11]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1199, „Engineering" Bd. 121 (1926) S.

[12]) Vergl. „Schweiz. Bauz." Bd. 88 (1926) S. 179.

[13]) Vergl. „Schweiz. Bauz." Bd. 88 (1926) S. 128.

[14]) Vergl. „Der Bauingenieur" Bd. 7 (1926) S. 685.

[15]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 644.

Eisenbahnmaschinenwesen

Beschäftigungsgrad Die Lokomotivfabriken waren nic
nur in Deutschland, sondern au
in allen andern Industrieländern ganz unzureichend
schäftigt, weil schon seit einigen Jahren der lebhafte
darf der Nachkriegszeit gedeckt ist.

Dampflokomotiven Unter diesen Umständen wu
wenig Neues geschaffen. Die Am
rican Locomotive Co. baute die größte Lokomotive mit ei
fachem Rahmen, eine 2 F 1-Drillingslokomotive. Baldw
wendet sich jetzt auch der Drillingslokomotive zu, jedo
in der ungünstigen Form mit einem Hoch- und zwei Nied
druckzylindern. Die Deutsche Reichsbahn stellte außer d
2 C 1-Zwillings- und den 2 C 1-Vierzylinderverbund-Lokom
tiven[1]) als neue Einheitsbauart die 1 E-Drillingslokom
tive, Reihe 44, in Dienst; ferner erschien die Turbine
lokomotive von Maffei[2]), die ebenso wie die von der Fir
Krupp noch Versuchsfahrten ausführt. In England wur
zu Versuchszwecken eine Turbinenlokomotive nach dem Must
von Ljungström gebaut, die nichts wesentlich Neues brin

Diesellokomotiven Das Hauptereignis waren die Ve
suchsfahrten mit der 1000 PS Le
stung aufweisenden 2 E 1-Diesellokomotive[3]) für Rußlan
die vom Lokomotiv-Versuchsamt der Reichsbahn vorgenon
men wurden. Wenn sich auch einzelne Mängel zeigten,
ist doch der Beweis erbracht, daß mit einem dreistufig
Zahngetriebe und Reibkupplungen eine einfache Diese
lokomotive mit vorzüglichem Wirkungsgrad geschaffen we
den kann. Gegenüber der häufig auftretenden Behau
tung, daß Zahngetriebe sich nur für kleine Leistunge
eigneten, muß betont werden, daß das Getriebe sich völl
bewährt hat. Unter diesen Umständen sind die Aussicht
der Ölgetriebe für Streckenlokomotiven sehr gering. D
gegen haben gedrungene, einfache Ölgetriebe mit stetig ve
änderlicher Übersetzung auf Verschiebelokomotiven gu
Aussichten, sobald ihr Wirkungsgrad mehr als etwa 80 v
beträgt. Bisher fehlt aber noch ein solches Getriebe.

Deutschland steht zur Zeit an der Spitze. Nordamerik
verwendet Diesellokomotiven mit 1000 PS Leistung i

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1725. [2]) Z. S. 476. [3]) Z. S. 1565.

größerem Umfange im Verschiebebetrieb, aber nur mit elektrischer Übertragung, und bedient sich nach anfänglichen Mißerfolgen deutscher Hilfe. In Italien verfolgt man mehr den Gedanken der Thermolokomotive, d. h. der Anpassung des Arbeitsverfahrens an die verschiedenen Arbeitslagen unter Vermeidung von Übersetzungsgetrieben. Für Rußland ist die Diesellokomotive am meisten von Belang, jedoch baut man dort nicht, sondern entwirft nur und hat einen allgemeinen Wettbewerb[4]) für Großdiesellokomotiven erlassen, der viele beachtenswerte Entwürfe liefern wird.

Triebwagen Die verschiedenen, schon gebauten Eisenbahn-Triebwagen wurden von der Deutschen Reichsbahn eingehenden Versuchs- und Meßfahrten unterworfen, die wichtige Erfahrungen gezeitigt haben. Der Straßenbahn-Triebwagen steht in lebhafter Entwicklung. Der in Anlehnung an den Kraftwagen gleichzeitig von Direktor Albrecht, Dortmund, und der Pariser Straßenbahn versuchte Antrieb durch Kegelräder und Gelenkwelle hat sich vorzüglich bewährt[5]). Gleichzeitig wurde die Umlaufzahl der Elektromotoren erhöht und der Treibraddurchmesser vermindert. Beides ermöglicht tiefere Lage des Fußbodens und geringere Tritthöhe. Überhaupt muß jetzt in Anbetracht des Wettbewerbs der Krattomnibusse wie in Amerika so auch bei uns mehr für die Bequemlichkeit und Annehmlichkeit der Straßenbahnbenutzung getan werden. Starker Straßenbahnverkehr erlaubt die Verwendung großer Wageneinheiten unter Fortfall der Anhänger, die beim Fehlen von Umkehrschleifen zu störendem Umsetzen der Wagen nötigen. Die Berliner Straßenbahn versucht zu dem Zweck die Zwillingswagen[6]), d. h. zwei stets miteinander gekuppelte Triebwagen mit Führerständen nur an den äußeren Enden und Mitteleinstieg, während die Duisburger Straßenbahn Gelenkwagen auf drei Drehgestellen (Bauart Jakobs)[7]) verwendet, wobei ein Übergang von einem zum andern Wagenkasten möglich ist. Wo Umkehrschleifen vorhanden sind, kann man nach amerikanischem Beispiel die Triebwagen mit nur einem Führerstand versehen, wodurch der Fassungsraum größer, die Anschaffungskosten aber geringer werden.

[C 2665] F. Meineke

[4]) Z. S. 865. [5]) Z. S. 1544, [6]) Z. S. 1541. [7]) Z. S. 1301.

Elektrische Zugförderung

Umfang des elektrischen Zugbetriebes Zu Beginn des Jahres 1926 war im Bereich der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft elektrischer Zugbetrieb bei Fernbahnen (Schlesien, Mitteldeutschland, Bayern und Baden) auf 849 km Streckenlänge, bei Stadt- und Vorortbahnen (Berlin und Hamburg) auf 91 km, insgesamt auf rd. 940 km eingerichtet.

Im Berichtjahr 1926 sind folgende Strecken für elektrische Zugförderung umgebaut worden: Die Teilstrecke Landshut – Regensburg sowie einige Güterbahnen bei München mit zusammen 87 km; ferner die Berliner nördliche Vorortstrecke Schönholz – Reinickendorf – Velten mit 22 km, so daß am Ende 1926 rd. 1050 km Strecke im Bereich der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft auf den elektrischen Zugbetrieb umgestellt waren.

Im elektrischen Ausbau begriffen sind die Strecken: Breslau – Königszelt, München – Rosenheim – Kufstein und die Berliner Stadt- und Ringbahn nebst den anschließenden Vorortstrecken nach Spandau-West, Kaulsdorf, Erkner, Spindlersfeld, Grünau, Stahnsdorf und Potsdam mit zusammen 305 km Streckenlänge.

Stromerzeugung Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft erzeugt Bahnstrom in drei bahneigenen Dampfkraftwerken und in zwei bahneigenen Wasserkraftwerken. Ferner bezieht sie Strom für Bahnzwecke aus fünf Dampf- und Wasserkraftwerken. Das Kraftwerk Mittelsteine gehört seit dem 30. September 1926 der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. An den Unternehmungen „Walchensee" und „Mittlere Isar" ist die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft durch Aktienbesitz und Sitze im Aufsichtsrat und Vorstand beteiligt.

Die Fernbahnen werden überwiegend mit Einphasen-Wechselstrom von 16⅔ Hertz[1]) betrieben. Die Hamburger Vorortbahn hat Einphasen-Wechselstrom von 25 Hertz.

Längs der Fernbahnstrecken sind Unterwerke, meist Transformatorenstationen für Einphasenstrom von 16⅔ Hertz, errichtet. Nur für die Wiesental- und Wehratalbahn wird aus Drehstrom von 50 Hertz mittels Zweimaschinen-Umformern einphasiger Wechselstrom von 15 Hertz erzeugt. Die Umformerwerke der mit Gleichstrom betriebenen Stadt- und Vorortbahnen wandeln Drehstrom in Gleichstrom um, früher durch Einanker-Umformer, neuerdings durch Gleichrichter.

[1]) Per. s.

Leitungen Als Verbindungsglied zwischen Kraftwerk und Unterwerk dienen die Fernleitungen, die bei den Fernbahnen einphasigen Wechselstrom mit Spannungen von 30, 60, 80 und in neueren Anlagen von 110 kV, bei den Stadt- und Vorortbahnen meist Drehstrom von 30 kV Spannung führen.

Um die Fahrleitung für Fernbahnen im gesamten Bereich der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft einheitlich zu gestalten, hat diese im März 1926 Vorschriften über die Ausführung und die Festigkeitsberechnung der Fahrleitungen für Wechselstrombahnen[2]) herausgegeben. Bei den mit Gleichstrom betriebenen Stadt- und Vorortbahnen dient für die Stromzuführung zu den Fahrzeugen eine Stromschiene.

Fahrzeuge Die schnelle Entwicklung des Baues von Elektrolokomotiven ließ bisher die Durchbildung von Einheitsformen nicht zu; nur Einzelteile wie Stromabnehmer, Luftpumpen und Ölschalter sind genormt worden. Immerhin ist es gelungen, schon jetzt mit einigen wenigen für die Fernstrecken sich eignenden Grundformen von elektrischen Lokomotiven auszukommen. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft bemühte sich auch hier, alle technischen Neuerungen zu verwerten, und bestellte im Berichtjahr einige Versuchslokomotiven mit neuartigem Einzelantrieb und den Achsenanordnungen 1 D_0 1[3]) und 2 D_0 1 für Geschwindigkeiten bis 110 km/h. Die über den Achsen lagernden Motoren sind für hohe Geschwindigkeit und große Leistung bemessen.

Auch die Triebwagen sind neu durchgebildet worden. So wurden für die Berliner Stadt- und Ringbahn neue Triebwagen mit großem Fassungsvermögen in Auftrag gegeben. Um die Zugabfertigung, d. h. das schnelle Ein- und Aussteigen zu beschleunigen, erhalten die Wagen möglichst übersichtlich angeordnete Gänge und Türen und reichlich bemessene Ausgänge. Unter den Bänken sind elektrische Heizkörper angeordnet. Jeder Triebwagen erhält vier Motoren von je 92 kW Stundenleistung. Als Einheit hat man den Viertelzug vorgesehen, bestehend aus einem Trieb- und einem Beiwagen. Auch der Beiwagen erhält einen Führerstand, wodurch das Fahren von Viertel-, Halb-, Dreiviertel- und Ganzzügen ermöglicht wird. Eine zwischen den einzelnen Viertelzügen durchgekuppelte Starkstromleitung verbindet die seitlichen Stromabnehmer miteinander und verhindert eine Stromunterbrechung an den Trennstellen der Stromschiene.

Um dem Schnellverkehr zwischen großen Städten gerecht zu werden, verwendet die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft neuerdings auch auf Fernbahnen Triebwagen mit Stromzuführung aus der Fahrleitung. Solche Triebwagen verkehren bereits auf den Strecken der schlesischen Gebirgsbahnen sowie in Bayern und erfreuen sich großer Beliebtheit. Neue Fernzug-Triebwagen für Geschwindigkeiten bis 100 km/h zur Einrichtung eines Schnellverkehrs zwischen Halle und Leipzig sind in Auftrag gegeben.

Schutz der Fernmeldeleitungen Der mangelnde Ausgleich des elektrischen und magnetischen Feldes der einpoligen Fahrleitungsanlagen verursacht in den benachbarten Fernmeldeleitungen der Bahn und des öffentlichen Verkehrs erhebliche Störungen. Der einfachste Weg zu deren Beseitigung, den auch die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft beschritten hat, ist die Verkabelung der Fernmeldeleitungen als Doppelleitungen ohne jede Erdverbindung. Dabei ist die wichtigste Voraussetzung für die Durchführung eines störungsfreien Fernmeldebetriebes die Symmetrie der Fernmeldeleitungen. Die Leitungen werden deshalb durch Relaisübertrager unterteilt. Zur eingehenden Untersuchung dieser wichtigen Fragen veranstaltete die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft gemeinsam mit den mitteleuropäischen Eisenbahn- und Telegraphenverwaltungen, in deren Ländern elektrische Bahnen mit einphasigem Wechselstrom betrieben werden, im Februar 1926 in München eine wissenschaftliche Tagung[4]).

[C 25] Wechmann

[2]) Zu beziehen zum Preise von 1 RM vom Verlag R. O. Mittelbach, Charlottenburg 5, Kuno-Fischer-Str. 21.
[3]) D_0 = 4 Triebachsen mit Einzelantrieb.
[4]) „Elektrische Bahnen" 1926 Nr. 5 u. ff.

Kraftfahrzeuge

Das Jahr 1926 bedeutet für die Entwicklung des Kraftfahrzeugverkehrs auf der ganzen Welt einen Fortschritt in der gleichen Richtung, wie schon in den früheren Jahren. In allen Ländern hat nicht nur die Zahl der verwendeten Kraftfahrzeuge aller Art, sondern auch das Verständnis der Öffentlichkeit für die Voraussetzungen einer erfolgreichen Entwicklung des Kraftverkehrs zugenommen, und diese Fortschritte haben sich in allen mit dem Kraftverkehr zusammenhängenden Fragen vom Werkstoff bis zur Verkehrsregelung in günstigem Sinn ausgewirkt.

Motoren Von den technischen Problemen im Bau von Kraftfahrzeugen beherrschen die mit dem Motor verknüpften noch immer das Feld. Im Zusammenhang mit den Bestrebungen, den Einfluß zu vermindern, den die Größe des Hubraumes der Motoren auf die Höhe der für einen Kraftwagen zu entrichtenden Jahressteuer ausübt[1]), hat man vielfach den Hubraum im Verhältnis zum Wagengewicht vergrößert, was dem Übergang vom Vierzylindermotor zum Sechs- und Achtzylindermotor zugute gekommen ist[2]).

Parallel damit haben sich die Ansprüche an die Ruhe des Motorlaufes und an die Fahreigenschaften der Wagen gesteigert. Man erwartet heute von einem guten Kraftwagenmotor, daß im ganzen Drehzahlbereich, der bis über 3000 Uml./min reicht, keine störenden Torsionsschwingungen der Kurbelwelle auftreten, kein Klappern der Ventile zu hören ist, und daß der Wagen bei unmittelbarem Eingriff des Wechselgetriebes in der Ebene ein Beschleunigungsvermögen von rd. 1 m/s² entwickelt. Leichte Baustoffe zum Vermindern des Wagengewichtes spielen weiter eine große Rolle. Kolben und andre Motorteile aus Leichtlegierungen werden in steigendem Umfang verwendet. Im Betrieb der Allgemeinen Berliner Omnibus-A.-G. haben Elektronkolben wiederholt 40 000 km ausgehalten.

Brennstoffe Der Umstand, daß man die bekannten Betriebschwierigkeiten der neueren, schwerer zündbaren flüssigen Brennstoffe und Brennstoffmischungen durch Erhöhen des Verdichtungsgrades vermindern und dabei gleichzeitig den thermodynamischen Wirkungsgrad des Motors verbessern kann, hält die Beachtung rege, die man dieser Frage und den verschiedenen Vorschlägen zuwendet, das Klopfen der Motoren zu vermeiden. Die bekannten Erfolge deutscher Forschung auf dem Gebiete der Gewinnung von Kraftwagenbrennstoffen unmittelbar aus der Kohle[3]) sind wegen ihrer Bedeutung für die zukünftige Versorgung des Verkehrs auch in den Kreisen der Kraftfahrzeugtechnik gebührend gewürdigt worden. Erwünscht wäre es jedoch, wenn die Möglichkeiten ausgenutzt würden, die die Erzeugung von billigem Spiritus aus den Abfällen der Zellstoffindustrie in diesem Bereich bietet; denn es läßt sich vom Standpunkt der Wirtschaft kaum rechtfertigen, wenn, wie es noch heute geschieht, die Erzeugung dieses Brennstoffes künstlich eingeschränkt wird. Auch der Betrieb von Kraftfahrzeugen mit festen Brennstoffen scheint nach den neueren Erfolgen für gewisse Verhältnisse aussichtsvoll, nachdem es anscheinend gelungen ist, den Verlust an Motorleistung beim Übergang zum Gasbetrieb ohne Änderung des Motors zu vermeiden.

Antrieb und Fahrwerk Im Bereich dieser Teile des Kraftwagens gibt es heute kaum mehr ungelöste Aufgaben, soweit man sich an die üblichen Bauarten hält. Darum sind diese Teile, wie das Beispiel des Auslandes beweist, auch bei uns längst reif für die Normung, die leider durch wirtschaftliche Rücksichten aufgehalten wird. Das ist sehr zu bedauern, da bei den beschränkten Absatzmöglichkeiten europäischer Länder die Normung das einzige Mittel darstellt, um die Kosten der Erzeugung von Kraftwagen annähernd auf den Stand des in den Vereinigten Staaten Erreichten herabzudrücken. Mit Aufmerksamkeit verfolgt man dauernd Vorschläge, die ermöglichen würden, den Vorgang des Getriebeschaltens selbsttätig und von der Geschicklichkeit des Fahrers unabhängig zu gestalten. Zu den bekannten Getrieben dieser Art ist auf der letzten deutschen Automobilausstellung ein neues Umlaufgetriebe getreten, das gegenwärtig für den Vertrieb durchgebildet wird.

Bei Omnibussen spielen ferner Anordnungen des Hinterachsantriebes eine Rolle, die die Möglichkeit bieten, den Rahmen und damit auch den Einstieg tief zu legen. Die beste Lösung scheint zur Zeit zu sein, die Hinterräder auf den Enden einer gekröpften Vollachse lose zu lagern. Das in sich abgeschlossene Gehäuse des Ausgleichgetriebes wird in der Mitte dieser Achse befestigt und durch zwei etwas nachgiebige Ausgleichwellen über Stirnräder-Vorgelege mit den Naben der Hinterräder verbunden. Steigende Verbreitung finden überdies dreiachsige Omnibusse mit zwei voneinander unabhängig angetriebenen, nicht lenkbaren Hinterachsen.

Vierradbremsen in solcher Anordnung, daß man nicht mehr als vier Bremstrommeln zu verwenden braucht, kann man heute als allgemein üblich bezeichnen. Von den bekannten Mitteln zum Bremsen mit einer Hilfskraft finden solche größere Beachtung, bei denen am üblichen Bremsgestänge nichts geändert, also die Hilfskraft unmittelbar am Fußhebel der Bremse ausgeübt wird. Bremsen dieser Art, die mit Drucköl oder mit dem Unterdruck in der Ansaugleitung des Motors betrieben werden, haben sich auch schon im praktischen Gebrauch recht gut bewährt.

[1]) VDI-Nachrichten 1926 Nr. 43.
[2]) Vergl. Fachheft „Kraftwagen" dieser Zeitschrift Bd. 70 (1926) Nr. 44.
[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1313; Sonderheft „Entgasen und Vergasen". Berlin 1925, VDI-Verlag.

Verkehr Die Erfahrung der letzten Jahre lehrt deutlich, daß man namentlich in Ländern, die erst am Anfang der Entwicklung stehen, im Mittel auf eine jährliche Zunahme der benutzten Kraftfahrzeuge um 15 bis 20 vH rechnen muß. Die Anpassung der vorhandenen Straßen in Städten und auf dem Lande an diese Zunahme des Verkehrs und die Sorge für ausreichend sichere und bequeme Unterbringung der vorhandenen Fahrzeuge sind wichtige Aufgaben, die das Kraftfahrzeugwesen dem Bauingenieur stellt[4]). Auf beiden Gebieten wird in der neueren Zeit eifrig gearbeitet. Der Zustand der Landstraßen hat sich sichtlich gehoben, und die Regelung des Verkehrs an wichtigen Straßenkreuzungen durch beamtete Personen hat die Zahl der Unfälle durch Zusammenstöße verhältnismäßig vermindert. Daß bei der dauernd steigenden Zahl der Kraftfahrzeuge diese Aufgaben ständig im Auge behalten werden müssen und immer größere Schwierigkeiten bieten, ist selbstverständlich. Man beginnt aber auch schon außerhalb der Vereinigten Staaten zu erkennen, wie groß der Nutzen des Kraftfahrzeugverkehrs für alle Teile eines Volkes ist. Nicht mit Unrecht bezeichnet man den Kraftwagen als das beste Mittel, um den langerstrebten Ausgleich zwischen Stadt und Land herbeizuführen.

[C 2739] A. Heller

[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 985, 1369, 1533.

Schiff- und Schiffsmaschinenbau

Wirtschaftliche Lage Die wirtschaftliche Lage der deutschen Schiffswerften und Schiffsmaschinenfabriken hat sich im Jahre 1926 weiter erheblich verschlechtert, weil die Beschäftigung, die schon zu Beginn völlig unzureichend war, sich im Laufe des Jahres noch auf etwa die Hälfte verringert hat. Der Grund hierfür liegt vor allem darin, daß die deutschen Reedereien unter dem Einfluß der Weltschiffahrtskrise nicht in der Lage waren, Neubauten in Auftrag zu geben. Erst in den letzten Wochen des Jahres hat sich die Beschäftigung gebessert, vor allem durch eine größere Anzahl von Bauaufträgen des Norddeutschen Lloyd, darunter zweier Dampfer von 46 000 B.-R.-T. Raumgehalt. Auch für ausländische Reedereien sind im letzten Jahre in Deutschland nur wenig Schiffe gebaut, und ebenfalls zu Ende des Jahres wieder eine Anzahl bestellt worden. Die meisten deutschen Großwerften haben im Geschäftsjahr 1925/26 beträchtliche Verluste erlitten, die in vielen Fällen den Anlaß zu einer Verminderung des Anteilkapitales gaben. In den letzten Monaten haben sich die A.-G. „Weser" in Bremen, die Hamburger Werft der Vulcan-Werke und die Werft von Tecklenborg, Bremerhaven, zusammengeschlossen, um durch Austausch von Erfahrungen und durch wirtschaftliche Gestaltung ihrer Betriebe Ersparnisse zu erreichen. Weitere Zusammenschlüsse werden erwartet. Im Ausland hat sich der Schiffbau im Durchschnitt auf etwa gleicher Höhe gehalten wie im Vorjahre; in Großbritannien ging er merkbar zurück, in Italien nahm er unter Einwirkung von außerordentlich hohen Staatsunterstützungen einen beträchtlichen Aufschwung, in Holland besserte sich die Lage der Schiffbauindustrie.

Dampfmaschinen Der Antrieb von Schiffen durch Dampfmaschinen hat seine Stellung gegenüber dem motorischen Antrieb im vergangenen Jahre gefestigt, und das Verhältnis der gebauten Dampfer zu den der Motorschiffe ist annähernd das gleiche geblieben, wie gegen Ende des vergangenen Jahres. In Deutschland werden große, schnelle Fahrgastschiffe zur Zeit durchweg mit Ölfeuerung und Dampfturbinenanlagen mit Zahnradgetrieben versehen. In England ist ein Hochdruckturbinenschiff mit Wasserrohrkesseln für 35 bis 39 at Druck und einer Maschinenleistung von 4000 Wellen-PS in Betrieb genommen worden; in Amerika hat man einige Schiffe mit mittlerem Dampfdruck gebaut, und auch sonst neigt man dazu die bisher üblichen Drücke um ein geringes zu erhöhen. Bemerkenswert ist die Bauer-Wach-Maschine, bei der hinter eine Kolbendampfmaschine eine Abdampfturbine geschaltet ist, die mit Hilfe einer hydraulischen Kupplung und eines Zahnradgetriebes auf die gleiche Welle arbeitet wie die Kolbendampfmaschine. Mit derartigen Maschinen ist eine Brennstoffersparnis von etwa 20 vH gegenüber normalen Kolbendampfmaschinen erreicht worden; ihre Einführung ist besonders für kleinere und mittlere Leistungen aussichtreich und verspricht ein Mittel zu werden, um die Wirtschaftlichkeit und Geschwindigkeit älterer Schiffe durch nachträglichen Einbau von Abdampfturbinen zu verbessern.

Dieselmotoren Der Schiffs-Dieselmotorenbau ist im vergangenen Jahre weiter durchgebildet orden und hat sich auch in den neueren Ausführungen estens bewährt. Vor allem wird die doppeltwirkende weitaktmaschine der Bauart MAN im In- und Auslande on deutschen und ausländischen Lizenznehmern häufig erwendet. Damit werden Gewicht und Kosten wesentlich erringert und der Wettbewerbfähigkeit schnellaufender, eichter Maschinen mit Übersetzungsgetrieben entgegencarbeitet. Die Brennstoff-Strahleinspritzung wird nach ie vor nur bei kleinen Maschinen benutzt, doch wächst ie Größe der mit ihnen ausgestatteten Maschinen langsam.

Antrieb Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Schiffswiderstandes und Antriebes sind im verangenen Jahre zu einem großen Teile von der Hamburischen Schiffbauversuchsanstalt angeregt nd ausgeführt worden, u. a. Untersuchungen, die in planäßiger Zusammenarbeit mit Reedereien bei Schiffen im Betriebe zur weiteren Verbesserung der Wirkung von Leitchrauben ausgeführt worden sind und die zu dem Ergebnis geführt haben, daß man heute Leitschrauben mehr und mehr verwendet. Der Schiffsantrieb durch Segelwalzen hat ich auf dem Rotorschiff „Barbara"[1]) gut bewährt; ob die iermit erreichten Ersparnisse jedoch genügen, um den nit dem Antrieb verbundenen Kostenaufwand zu rechtertigen, muß die Zukunft zeigen.

Schiffbau Im Bau des Schiffskörpers sind im vergangenen Jahre nur geringe Fortschritte gemacht orden. Eine neue Tankschiffbauart von Isherwood, ei der die vielen bisher verwendeten Knie weggelassen ind, hat sich schnell eingeführt und angeblich bewährt. Die neueren Vorschriften der Klassifikations-Gesellschaften assen weitere Fortschritte hinsichtlich der günstigen Anrdnung und Ausnutzung des Baustoffes erkennen. Das lektrische Schweißen von Schiffen wird allmählich mehr m Schiffbau benutzt, jedoch verwendet man es immer nur ür einzelne Bauteile. [C 2706] C. Commentz

[1]) s. S. 118.

Luftfahrt

Politische Einflüsse Die Pariser Luftfahrtverhandlungen mit der Interalliierten Botschafterkonferenz sind am 21. Mai 1926 nach etwa einhalbährigen Dauer zum Abschluß gekommen. Die neue Vereinbarung brachte dem deutschen Verkehrsflugzeugbau völige Freiheit. Die deutsche Regierung darf die Zivilluftahrt nur in den Grenzen einer normalen Entwicklung förern. Die Aus- und Fortbildung von Flugzeugführern über ie Bedürfnisse des Luftverkehrs und der Hersteller hinus für Sportzwecke durch das Reich darf keinerlei Unterstützung erfahren. Die Militärluftfahrt und führerlose Flugeuge sind untersagt.

Luftfahrzeugbau Im Rahmen der „Gesolei" in Düsseldorf fand vom Mai bis Oktober 1926 ine Ausstellung der Wissenschaft und Praxis in der Luftfahrt tatt, die Anerkennung gefunden hat. Die Wettbewerbe des ahres 1926, insbesondere der Süddeutschlandflug, der Seeflugwettbewerb 1926[1]) und der Rhön-Segelflugwettbewerb[2]) brachten für den Flugzeugbau lehrreiche und fördernde Ergebnisse. In der von der Fédération Aéronautique Internationale geführten Liste fallen unter 55 Höchstleistungen auf Deutschland sieben. Bei Berücksichtigung der jahrelangen politischen Schwierigkeiten, unter denen der deutsche Flugzeugbau zu leiden hatte, ist diese Zahl beachtenswert. Die Überquerung des Atlantischen Ozeans (Palos – Buenos Aires) unter Führung des spanischen Majors Mello Franco in einem Flugzeug deutscher Bauart (Dornier Wal) ist als ausgezeichnete technische Leistung u bewerten.

Luftschiffahrt Deutschlands Luftschiffbau ist durch die Pariser Vereinbarung wieder frei geworden. Das Luftschiff gilt als das geeignetste Beförderungsmittel für große Fahrt und Forschung[3]) (Internationale Studiengesellschaft zur Erforschung der Arktis mit dem Luftschiff, Berliner Tagung im November 1926; Fahrt der „Norge" am 11. Mai 1926). Das Ausland (England) arbeitet an der Errichtung von Luftschiff-Verkehrslinien. In den kommenden Jahren sollen von der deutsch-spanischen Luftfahrtgesellschaft „Colon" zwei Riesenluftschiffe von 135 000 und 150 000 m³ Rauminhalt gebaut werden. Vom deutschen Luftschiffbau ist die Werft in Friedrichshafen allein erhalten. Der Tatkraft Eckeners und seiner Mitarbeiter ist es gelungen, in der Zeppelin-Eckener-Spende rd. 2 600 000 ℳ zu sammeln. Ein neues Luftschiff, „LZ 127", das in Jahresfrist seine ersten Probefahrten ausführen soll, ist in Arbeit.

Motorenbau 1926 haben die Bayerischen Motoren-Werke A.-G., München, den ersten deutschen Flugmotor mit einer Leistung von rd. 600 PS (BMW VI) herausgebracht[4]). Die Entwicklung leistungsfähiger Flugmotoren bleibt eine Hauptaufgabe unsrer Motorenwerke, um die Lücken, die die Nachkriegszeit verschuldet hat, auszufüllen und den Vorsprung des Auslandes einzuholen.

Luftverkehr Anfang 1926 wurde die Deutsche Luft-Hansa gegründet. In ihr sind die Junkers-Luftverkehr-A.-G. und die Deutsche Aero-Lloyd-A.-G. vereinigt. Die Deutsche Luft-Hansa hat seit Einsetzen des Flugbetriebes bis einschließlich November d. J. rd. 5 700 000 km geflogen, rd. 56 000 Gäste, rd. 374 000 kg Gepäck, rd. 233 000 kg Fracht und rd. 177 000 kg Post befördert. Zur Zeit werden ungefähr 75 Flugplätze (Flughäfen oder Landeplätze) regelmäßig angeflogen. Der Erkundungsflug der Deutschen Luft-Hansa mit zwei Junkers-G 24-Flugzeugen von Berlin nach Peking und zurück wird voraussichtlich in nicht zu ferner Zeit den Luftverkehr nach dem Fernen Osten bringen. Etwa 37 Wetterwarten und 19 Funkstellen dienen der Flugsicherung. Durch die Herausgabe einer Flaggentafel hat die Deutsche Luft-Hansa das Setzen der Flaggen einheitlich geregelt. Das Ausland blickt voller Aufmerksamkeit auf den deutschen Luftverkehr. Verschiedene Staaten, auch die Vereinigten Staaten von Amerika, haben im verflossenen Jahre Kommissionen zum Studium der deutschen Luftverkehrsorganisation nach Deutschland geschickt.

Motorloser Flug Im Segelflugwesen sind hervorragende Leistungen zu verzeichnen. Schulz flog mit Fluggast über 9 h, Kegel legte im Gewittersturm 55,2 km zurück, und Nehring gelang es, auf seinem Flug Wasserkuppe – Milseburg und zurück durch geschickte Erfassung der örtlichen Windströmungen den Nachweis einer geringeren Gebundenheit an das Gelände zu erbringen.
[C 2738] Wilh. Hoff

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1641 u. 1672. [2]) Z. S. 1406.
[3]) Vergl. Engberding „Luftschiff und Luftschiffahrt in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft", Berlin 1926, VDI-Verlag.

[4]) Z. S. 1655.

Elektrisches Nachrichtenwesen

Überseetelegraphie Der Wettbewerb zwischen Kabel- und Funktelegraphie wird immer lebhafter. Er zeitigte auf beiden Gebieten hervorragende technische Fortschritte. Das 1926 neu ausgelegte Seekabel England – Kanada – Fidjiinseln und das der Deutschatlantischen Telegraphengesellschaft gehörende Kabel Borkum—Fayal (Azoren) werden mit Schnelltelegraphie betrieben werden, was namentlich durch den die Kupferader des Kabels umgebenden Krarupmantel[1]) ermöglicht wird. Die neue deutsch-amerikanische Kabelverbindung konnte noch nicht in Betrieb genommen werden, weil die dazu erforderlichen neuartigen Sende- und Empfangsgeräte nicht völlig fertiggestellt worden sind.

Einen Markstein auf dem Gebiete der Übersee-Funktelegraphie bedeutet der am 25. September 1926 begonnene regelmäßige Kurzwellenverkehr zwischen England und Kanada. Die Betriebsergebnisse sollen sehr befriedigen. Man erreicht Telegraphiergeschwindigkeiten bis zu 1250 Buchstaben in 1 min. Von dem Ergebnis des Dauerbetriebes wird es abhängen, ob der bisherige Langwellenverkehr hinter dem billigeren Kurzwellenverkehr zurücktreten wird.

Auch die Kurzwellenversuche zwischen Nauen einerseits und Argentinien, Japan und Java anderseits haben bedeutende Fortschritte gemacht.

Überseetelephonie Trotz der großen technischen Fortschritte im Betriebe langer Fernsprechkabel ist es bisher nicht gelungen, Fernsprechkabel für den transatlantischen Betrieb herzustellen. Wir sind also für das Überseefernsprechen nach wie vor auf die Funktechnik angewiesen. Die Versuche, drahtlos von England (Rugby) nach New York (Funkstellen der Radio Corporation of America) zu telephonieren, haben so gute Fortschritte gezeitigt, daß mit der Aufnahme der regelmäßigen Funkfernsprechverkehrs zwischen den beiden Ländern in naher Zeit zu rechnen ist.

Fernsprechkabelnetz Das Fernkabelnetz für den inneren deutschen wie für den alleuropäischen Sprechverkehr ist weiter ausgebaut worden. Besonders wichtig ist die Fertigstellung eines neuen englisch-holländischen Kabels im Frühjahr 1926, durch das der deutsch-englische Sprechverkehr wesentlich verbessert

[1]) Vergl. ETZ Bd. 46 (1925) S. 1417.

und beschleunigt worden ist. Ebenso ist die Fertigstellung eines neuen deutsch-dänischen Fernsprechkabels zu begrüßen.

Durch die Schaffung von Fernkabelmeßtrupps[2]) mit zwei Kraftwagen ist bei uns für die schleunige Aufsuchung und Beseitigung von Störungen im Fernkabeln erhöhte Vorsorge getroffen worden.

Rundfunk Die Zahl der Rundfunksender im Reiche wie im Ausland hat weiter zugenommen, die Darbietungen sind verbessert worden. Die große Vielheit des Empfangsgeräts ist nach wie vor bestehen geblieben. Im Sommer machte sich eine gewisse Rundfunkmüdigkeit bei uns geltend, die später aber etwas nachgelassen hat. Die Inkraftsetzung des in Genf aufgestellten neuen Wellenverteilungsplanes am 14. November 1926 hatte mancherlei Unzuträglichkeiten (Interferenzstörungen usw.) zur Folge. Durchgreifende Änderungen des Planes werden unerläßlich sein; sie sind zum Teil schon unter der Hand vorgenommen worden.

Bildtelegraphie und Fernsehen Seit dem 19. März 1926 überträgt der Münchener Rundfunksender regelmäßig auf drahtlosem Wege die Wetterkarten der dortigen Sternwarte nach dem von Dieckmann angegebenen Verfahren. Neuerdings ist ein noch einfacherer und günstiger arbeitender Rundfunk-Bildempfänger von Dr. Nesper erprobt worden[3]). Der Bildrundfunk[4]) scheint sich binnen kurzem allgemeiner einbürgern zu wollen, da technisch belangreich und in seiner Auswirkung unterhaltend und belehrend ist. In London ist eine „Fernse gesellschaft" gegründet worden, die das Fernsehverfahr des Schotten B a i r d öffentlich vorführt. Die Wiedergab sind ziemlich verschwommen.

Elektrische Sicherungsschaltungen Die Sicherung von Räumen us gegen Feuer, Diebstahl und E bruch durch elektrische Alar schaltungen hat weitere große Fortschritte gemacht. B sondere Erwähnung verdient die auf neuartigen Grun gedanken beruhende „Hauchstrom-Alarmschaltung" d Zivilingenieurs Walter Blut, Berlin[5]). Bei dieser Schaltu kann jedes beliebige Hausgerät in einen elektrischen Stro kreis eingeschaltet werden, der so empfindlich ist, daß d geringste Berührung des gesicherten Gegenstandes zur Au lösung des Alarms genügt. C. W. K o l l a t z

[C 2677] (Schluß folgt)

[2]) Vergl. „Das Fernkabel" 1926 S. 11.
[3]) Vergl. „Bildrundfunk" von A. Korn und E. Nesper, Berlin 1926.
[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 725.
[5]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 1396.

Berichtigung

Gestaltungs- und Maschinenteile

In dem Beitrag von K. K u t z b a c h in Z. Nr. 1 m es auf S. 27, l. Sp., Zeile 32 v. unten, heißen: „V e s p a n n u n g" statt „Verspanung"; ferner S. 27, r. S Zeile 18 v. unten: „A r c a" statt „Arec". [N 16]

Miramant, eine eisenfreie hochwertige Schneidmetallegierung

Während man in den letzten Jahren, anschließend an die Erfindung des Stellits[1]) durch Ellwood Haynes, verschiedene Schneidmetallegierungen auf den Markt brachte, die jedoch alle auf der Grundlage des Haynesschen Stellits aufgebaut waren, gingen die Stahlwerke Röchling-Buderus ganz andere Wege, um ein neues Schneidmetall zu schaffen.

Für die Zusammensetzung der neuen Legierung war die Erkenntnis maßgebend, daß alle Schneidmetalle, die mit hauptsächlich niedrig schmelzenden Metallen legiert sind, bei einer bestimmten Höchstleistung von Arbeit durch die dabei auftretende Arbeitswärme umgewandelt werden und in diesem Zustand abstumpfen. Eine Umwandlung des Arbeitstückes durch die beim Bearbeiten eines Werkstoffes auftretende Arbeitswärme zu vermeiden, war der leitende Gedanke zur Schaffung einer idealen Schneidmetallegierung.

Die härtenden, anlaß- und wärmebeständigen Bestandteile des naturharten Schnellstahles sind die Wolframide und die Wolframkarbide. Die Verbindung des Wolframs mit Eisen zu Wolframid oder die Doppelkarbide selbst beschränken wegen der bei verhältnismäßig niedriger Temperatur auftretenden Umwandlung (rd. 850 °C) die Arbeitsleistung. Gegenüber Kohlenstoffstahl weisen die Schnellstähle, wegen der Anlaßbeständigkeit des martensitischen Gefüges bis gegen 600 °, hervorgerufen durch die Legierungsbestandteile, hauptsächlich Wolfram, beträchtliche Vorteile auf. Steigt die Arbeitswärme über 600 °, so versagen die hochlegierten Schnellstähle. Stellite sind wegen der Abwesenheit des Eisens bis zu etwa 900 ° arbeitsbeständig. Die bei der Zerspanung auftretende Arbeitswärme, verbunden mit der möglichen Wärmeableitung, übersteigt unter gewissen Bedingungen die Temperaturen von 600 und 900 ° beträchtlich; hierfür gab es keine Schneidmetallegierung.

Es war nun möglich, außer dem noch in Frage kommenden Wolfram eine Legierung zu schaffen, die den Ansprüchen an Wärmebeständigkeit und dabei noch ausreichende Festigkeit genügte. Das Röchlingsche Schneidmetall Miramant hat eine Naturhärte, die beim Erweichungs- und Schmelzpunkte des Stahles noch in vollem Maße besteht und daher geeignet ist, höchste Arbeitsleistungen zu vollbringen. Der Schmelzpunkt des Miramants beträgt etwa 2100 °, der Erwachungspunkt liegt etwa 200 ° tiefer. Unterhalb 1500 ° ist keinerlei Umwandlung feststellbar. Die Härte des Miramants liegt zwischen der des Korunds und der des Diamanten. Härte und Zähigkeit sind Begriffe, die voneinander abhängig sind. Es ist dadurch erklärlich, daß die außerordentliche Härte, die die Legierung aufweist, auf Kosten einer bisher durch den Gebrauch von Stahlwerkzeugen selbstverständlich gefundenen Zähigkeit geht, doch weist Miramant noch immer eine solche innere Festigkeit auf, daß dadurch seine Verwendbarkeit als Arbeitswerkzeug nicht in Frage gestellt ist. Miramant ist eine Legierung schwerschmelzbarer Metalle, durch Schmelzen hergestellt. In einer mehrstoffigen Grundlegierung wärm beständiger Metalle sind bestimmte Anteile beständig Karbide, vornehmlich Molybdän- und Wolframkarbide, e halten.

Infolge der dem Miramant innewohnenden beträc lichen Naturhärte, verbunden mit einer Wärmebeständi keit, die bis an den Schmelzpunkt der Metalle und auch d des Eisens als des verbreitetsten Bau- und Werkstof heranreicht, kann man bei der Verwendung als Schnei werkzeug alle Regeln außer acht lassen, die bei der Ze spanung durch die bisher üblichen Werkzeuge aus Stoffe die ihrer Legierung wegen bei verhältnismäßig niedrig Temperaturen umwandelbar und dadurch mehr oder wenig schneidfähig sind, angewandt werden müssen. Mirama überwindet nicht nur die Härte des zu bearbeitenden Wer stoffes, sondern meistert auch eine Zähigkeit bei geringer Härte, wie sie z. B. kennzeichnend für die austenitisch hochprozentigen Manganhartstähle, Nickelstähle, Chro nickelstähle usw. ist. Je nach der Natur dieser auste tischen Werkstoffe, die bis heute für unbearbeitbar oder n höchst unwirtschaftlich bearbeitbar angesehen sind, ist b ihrer Bearbeitung durch Miramant auf die Wärm festigkeit Rücksicht zu nehmen, was die Anwendung ve schiedener Arbeitsbedingungen veranlaßt.

Die Manganhartstähle sind nicht wärmefest, sie könn daher mit hohen Geschwindigkeiten bearbeitet werden. I Gegensatz dazu stehen die nahezu unbearbeitbaren auste tischen Chromnickelstähle, die als rost- und zunderfre Legierungen hergestellt werden und eine verhältnismäß hohe Wärmefestigkeit aufweisen. Solche Werkstoffe we den von Miramant bei niedrigeren Geschwindigkeiten b arbeitet. Stähle, die durch eine thermische Behandlung Vergütung, Härtung — eine höhere Festigkeit erlangt habe werden zweckmäßig bei größeren Geschwindigkeiten verspa

Die Grenze der Festigkeit, die von Miramant zu b arbeitende Werkstoffe noch aufweisen dürfen, beträgt etw 180 kg/mm². Die vorteilhaftesten Geschwindigkeiten betr gen für die Bearbeitung harter und zäher Werkstoffe r 25 bis 80 m/min, für weichere Werkstoffe 50 bis 120 m/mi und für sehr weiche, schmierende und schleifende Wer stoffe etwa 100 bis 300 m/min. Miramant kommt nur fi Dreh-, und gegebenenfalls Fräs- oder Bohrarbeit in Frag nicht aber als Werkzeug für Arbeiten bei mäßigen u kleinen Geschwindigkeiten und stoßender Art, wie z. B. d Hobeln. Besondere Schneidwinkel für Miramantwerkzeu sind nicht erforderlich. Etwas kleinere Ansetzwinkel si anzuwenden und allzu spitze Schneidwinkel zu vermeide

Keinesfalls soll das Schneidmetall Miramant den heu für Schneidwerkzeuge verwendeten Hochleistungsschnel stahl ersetzen oder verdrängen. Wirtschaftliche Gesicht punkte, der heutige Stand des Werkzeug-Maschinenbaues s wie auch die besonderen Eigenschaften dieser Metallegi rung, die eine wesentlich andere Behandlung der aus Mir mant angefertigten Werkzeuge erfordern, grenzen das G biet der Verwendbarkeit ab. [N 2687]

Wetzlar Ing. Chem. A. K r o p f

[1]) Z. Bd. 63 (1919) S. 131, 274, Bd. 64 (1920) S. 355, Bd. 65 (1921) S. 1101.

RUNDSCHAU

Fertigung

Forschung und Werkstatt

Anläßlich der Deutschen Automobil-Ausstellung 1926 in erlin hielt Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger einen Vorrag über dieses Thema vor dem Reichsverband der Autoobilindustrie[1]). Als Ausgangspunkt seines Vortrages gab chlesinger einen Vergleich der Herstellkosten eines ameriänischen und eines etwa gleichwertigen deutschen Kraftagens, Zahlentafel 1. Danach kosten allein die Zuliefeen für den deutschen Wagen (Werkstoffe, Reifen, elekrische Anlage, Aufbau, Polsterung usw.) 12 vH mehr als er gebrauchsfertige amerikanische Wagen beim New Yorker Händler und fast genau soviel wie dieser Wagen frei Hamurg, mit Steuern und allen Spesen, außer Einfuhrzoll und erkaufsgebühr. Und während drüben — bei 300 Wagen e Tag — für die Herstellung 150 Arbeitsstunden nötig sind, rauchen wir — bei sechs Wagen je Tag — 700 Stunden, veil bei der geringen Tagesleistung, trotz gleichen Fleißes nd mindestens gleicher Tüchtigkeit unsrer Arbeiter, unsre Einrichtungen den amerikanischen unterlegen sind. In inem guten deutschen großen Kraftwagen kommen noch mmer für etwa 800 ℳ höchstwertige Chromnickelstähle zur erwendung, deren Bearbeitung 3- bis 4mal soviel Kraft, twa 3- bis 4mal soviel Werkzeug und mehr als die dopelte Maschinenbeanspruchung erfordert. Erst wenn wir en zuverlässigen billigeren Werkstoff haben, der sich entprechend leichter bearbeiten läßt als der heute verweneete, sind die Vorbedingungen für einen Wettbewerb des eutschen Kraftwagens auf dem Weltmarkt gegeben. Auf Grund dieser Überlegung ging Schlesinger in seinen Ausührungen besonders auf die Bedingungen ein, unter denen ie deutschen Werkstätten heute arbeiten. Das erste Erordernis der Leistungsfähigkeit ist die Bereitstellung des estgeschliffenen Werkzeuges für den Arbeiter. Auf dem ebiete der Erforschung der Zerspanungsvorgänge ist in en letzten zwanzig Jahren erheblich gearbeitet worden, nd besonders sind auch werkstattmäßige Prüfeinrichtunen geschaffen worden, die der Maschinenwerkstatt wohl as Rüstzeug für ein siegreiches Rennen auf dem Weltarkte geben können.

Dreh- und Hobelstähle verleiten aus alter Überlieferung den Arbeiter besonders leicht zur Selbstinstandsetzung, und doch ist gerade ihr richtiger Scharfschliff besonders wichtig. Die Arbeiten im Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin brachten zwei hervorstechende Ergebnisse: Erstens die Bilanz der Drehbank[2]), zweitens die Entwicklung einer leistungsfähigen Schneide durch Klopstock[3]). Richtiges Abgleichen von Werkzeug und bearbeitetem Werkstoff brachte für Weichstähle mit 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit Steigerung der Maschinenleistung von Revolverautomaten im Dauerbetrieb bis auf das Dreifache. Schwieriger war die Aufstellung einer Bilanz der Hobelmaschine, doch gelang auch diese mit dem Ergebnis, daß noch ein Restglied von 5,8 vH für den Schnitt und 4,2 vH für den Rücklauf verblieben. Der Konstrukteur weiß nun genau genug, wo seine Arbeit einzusetzen hat: Herabsetzung der Lagerreibung durch Wälzlager, bessere Schmierung der Tischflächen, möglichste Verhütung der Umsteuerverluste, die 23 vH ausmachen.

Für den Bohrer ist zunächst zu fordern, daß beim Anschliff die Kanten gleich lang und mit gleichen Winkeln angeschliffen werden; das bedingt ausschließliche Schärfung der Spiralbohrerspitze mit einer guten Spiralbohrer-Schleifmaschine und dauernde Überwachung der Schleifmaschine mit einem Prüfgerät. Härtung, Hinterschliff, Seelenform und Bohrerdrall sind dem zu bohrenden Werkstoff und der Form des Werkstückes anzupassen. Zahlentafel 2 zeigt den Einfluß der Bohrerform auf Drehmoment und Vorschubdruck bei verschiedenen Werkstoffen. — Auch für die Bohrmaschine hat das Charlottenburger Versuchsfeld die Meßeinrichtungen entworfen und die Messungen durchgeführt,

[1]) Vergl „Werkstattstechnik“ Bd. 20 (1926) S. 636/47.

75 1.7.28. | 100 1.1.28. | 120 1.7.27. | 175 1.1.27. | 190 1.7.26. | M 1900 | fallende Zölle | heutiger Zoll 190 M/100 kg | 3135

Amerikanischer Wagen rd. 50 bis 55 PS — 1550 kg — ℳ 10 249

Posten	ℳ
Verkäuferzuschlag 20 vH von 5290	1058
Umschl. + Umsatzsteuer	370
Fracht cif Hamburg	396
	5290
Zuschläge einschl. Fabrikgewinn bis New York	1260
Löhne (150 Stunden)	630
Werkstoffe und Zubehör	3400

Deutscher Wagen rd. 50 bis 55 PS — 1750 kg — ℳ 10 230

Posten	ℳ
Gewinn etwa 10 vH	930
Handlungsunkosten	890
Werkstätten-Zuschläge	1670
Löhne (700 Stunden)	840
Werkstoffe und Zubehör	5900

Phaeton-Klappverdeck

Zahlentafel 1. Kostenvergleich deutscher und amerikanischer Kraftwagen

Abb. 1 bis **3**

Günstigste Form des Gewindebohrers auf Grund der Versuchsergebnisse

Vorschlag von Chrosciel-Pátkay

Schneidwinkel $\sigma = 68^0$ bis 75^0

Anschnittwinkel $\varepsilon = 10^0$

$D_i = {}^1/_2\, D_a$

Brustprofil b = gerade Linie

Nutenform aus zwei Kreisbogen zusammengesetzt, mit den Mittelpunkten O und P, Abb. 2

Hinterschliff nur im Anschnitt und bis zur Schneidkante

Hinterschleifwinkel ϱ = rd. 5^0

Zahl der Gänge mit Vollprofil = Zahl der Gänge der zugehörigen Mutter

Sacklochtiefe = Gewindelänge + $^1/_2\, D_a$

Dreisatzbohrer durch einen einzigen ersetzt

Abb. 3

Gegenüberstellung eines handelsüblichen (——) und des vorgeschlagenen (- - -) Bohrerquerschnittes

Schwächste Stelle der Flanke $a - a'$

Beim handelsüblichen Bohrer (Abb. 3) Hinterschliff nicht bis zur Schneidkante heranreichend

B | ε | Schnitt A-B | D_a | D_i | b | O | P | G | a | a' | RZ 2543 Z 1-3

Abb. 1 und **2**

Abb. 3

[3]) Vergl. Dr.-Ing. H. Klopstock, Die Untersuchung der Dreharbeit (Heft 8 der Berichte des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule Berlin), Berlin 1926, Julius Springer.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 215; vergl. auch „Zerspanung“, Sonderheft der Zeitschrift „Maschinenbau“. Berlin 1926, VDI-Verlag.

Zahlentafel 2. Einfluß der Bohrerform auf Drehmoment M_d und Vorschubdruck P in Hunder teilen des normalen Spiralbohrers (21 mm Dmr.)

Nr.	Werkstoff	Chromnickelstahl		Werkzeugstahl		Flußeisen		Messing		Gußeisen	
	Festigkeit	$K_z = 15700$ kg/cm²		$K_z = 9750$ kg/cm²		$K_z = 7630$ kg/cm²		$K_z = 6360$ kg/cm²		$K_b = 5800$ kg/cm	
	Bohrerform	M_d	P	M_d	P	M_d	P	M_d	P	M_d	P
1	Normal (28°, 12,5°, 3,5 mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	Großer Hinterschliff (20,5°, 3,5 mm)	104	90	103	97	98	90	102	100	96	93
3	Starke Seele (28°, 12,5°, 5 mm)	100	110	106	113	114	115	111	130	97	97
4	Spitzbohrer	94	64	109	87	116	81	91	52	111	79
5	35°-Spirale (35°, 12,5°, 3,5 mm)	100	100	101	95	87	86	112	106	91	93
6	Gerade Nut	104	116	111	139	280	285	111	173	114	131

die eine Bilanz der Maschine liefern. Die Messung auf Achsdruck und Drehmoment wurde auf einem hydraulischen Meßtisch vorgenommen, um den Aufbau der Werkzeugmaschine durch Einführung der Versuchseinrichtung möglichst nicht zu stören. Das Ergebnis der Bilanz — größter Wirkungsgrad bei Gußeisen nur 51,3 vH, während er bei Flußeisen für den gleichen Span bis 64,5 vH steigt — führt zu der Forderung, in den Werkstätten wenn möglich nach bearbeiteten Werkstoffen zu trennen und die Größe und Schwere der Maschinen den ganz verschiedenen Anforderungen möglichst richtig anzupassen[4]).

Untersuchungen des Gewindebohrers brachten zunächst das Ergebnis, daß die Annahme, ein Whitworth-Gewinde ließe sich besser und leichter herstellen als ein metrisches (S.-I.-) Gewinde, keine Berechtigung hat. Wichtig ist dagegen die Form des Gewindebohrers. Abb. 1 bis 3 zeigen, wie ein solcher Bohrer aussehen soll. Ferner wurde festgestellt, daß mit Bohrern, deren Flanken nach dem Härten durch Schleifen berichtigt sind, mit zwei Bohrern im Satz, ja mit einem einzigen Bohrer vor- und fertiggeschnitten werden kann. Der Kraftverbrauch beträgt etwa 0,6 gegenüber dem Zweiersatz und 0,4 gegenüber dem Dreiersatz.

Unter ganz andern Bedingungen arbeitet die Schleifmaschine. Die Schleifscheibe dreht sich mit 30 bis 40 m/s, am Umfange gemessen; der Schleifdruck geht kaum über 30 bis 70 kg hinaus; die Drehmomente an der Scheibe schwanken zwischen 100 und 1500 cmkg. Bei der Drehbank liegen die Schneiddrücke zwischen 300 und 7000 kg, die Drehmomente zwischen 1000 und 15 000 cmkg, machen also rd. das Zehnfache aus. Untersuchungen über das Schleifen wurden nun so durchgeführt, daß unter möglichst gleichen Arbeitsverhältnissen Dauerschleifversuche durchgeführt wurden, für die zehn der bekanntesten Schleifscheibenhersteller die ihrer Ansicht nach am besten den bekanntgegebenen Arbeitsbedingungen entsprechenden Schleifscheiben zur Verfügung stellten. Das Ergebnis zeigt Abb. 4. Es ergaben sich von selbst zwei Gruppen, geeignete (g) und ungeeignete (u) Scheiben. Danach braucht für die gleiche Leistung von 1000 cm³/h die mittlere g-Scheibe 18 PS, die mittlere u-Scheibe 28 PS, was Schleifkräften von 40 und 65 kg entspricht.

[4]) Vergl. hierzu die Ausführungen von Dr.-Ing. Ludwig, Frankfurt a. M., im „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 732, der für Betriebe mit Einzel- und Kleinreihenfertigung eine Zweckaufstellung gegenüber der bisher üblichen Artaufstellung vorschlägt. Eine gut durchdachte Verbindung beider Forderungen wird gerade für Werkstätten mit stark wechselnden Erzeugnissen Vorteile bringen.

Schlesingers Schlußwort, in dem er seine Forderung zusammenfaßt, sei wörtlich wiedergegeben: „Starke, unve wüstliche, schnellaufende, bequem bedienbare Werl zeugmaschinen (1), entstanden aus inniger Gemei schaftsarbeit von Forscher, Konstrukteur und Verbrauche richtig hergestellte und geschliffene Werkzeuge (mit denen es Freude macht zu schneiden, leicht verwen bare Prüfgeräte (3), um den Werkzeugpark in sein Leistung zu überwachen und auf der Höhe zu halten, d sind die Grundlagen, ohne die es keinen „Wirtschaftlic keitsgrad" in unsern Werkstätten mehr geben wird."

[M 2543] Hä.

Abb. 4. Kraftverbrauch bei Verwendung geeigneter (g) und ungeeigneter (u) Scheiben

Aus dem Ausland

Dampfkraftanlagen

Höchstdruck-Dampfkesselanlage

Die Firma Gebrüder Sulzer A.-G. hat soeben in ihrem Werke Winterthur eine Versuchsanlage für 110 at Betriebsdruck fertiggestellt, Abb. 5 bis 7.

Der Dampferzeuger besteht aus einem Doppelbündelkessel in Steilrohr-Anordnung und arbeitet in zwei Druckstufen: das vordere Bündel ist als Höchstdruckkessel für 110 at, das hintere als Niederdruckkessel für 114 at Überdruck ausgebildet. Jedem der beiden Kesselteile ist ein besonderer Dampfüberhitzer zugeordnet; der Überhitzer des Hochdruckteils ist als Strahlungsüberhitzer ausgebildet und in die Vordermauer gegenüber dem Rohrbündel des Hochdruckteils eingemauert. Der Niederdruck-Überhitzer in üblicher Ausführung liegt zwischen den beiden Rohrbündeln und kann vom Gasstrom abgeschaltet werden. In Aussicht genommen sind für den überhitzten Dampf 375 ° für Hochdruck und 350 ° für Niederdruck.

110 at
14 at
RZ2646Z2u3

Abb. 6 und 7. Aufbau der 110 at-Versuchsanlage von Gebr. Sulzer

Die Heizflächen betragen:

Hochdruckkessel	45 m²	,
Niederdruckkessel	115 „	(m. Wasserrost 120 m²),
Hochdrucküberhitzer	8 „	,
Niederdrucküberhitzer	40 „	,
Lufterhitzer rd.	180 „	.

Die Trommel des Hochdruckkessels ist nahtlos aus einem Stück mit eingekümpelten Enden geschmiedet und von Krupp geliefert. Ihr innerer Durchmesser beträgt 900 mm, ihre Wanddicke 73 mm im zylindrischen Teil und 117 mm am Mannlochrand, ihre ganze Länge 4260 mm, ihr Gewicht rd. 8600 kg. Als Werkstoff ist Sonder-Nickelstahl mit 5 vH Nickelgehalt bei 48 bis 58 kg/mm² Festigkeit und 35 kg/mm² Streckgrenze bei 20 ° verwendet.

Der Dampfsammler ist wie die Kesseltrommel ein nahtloser Körper aus demselben Baustoff. Sein innerer Durchmesser beträgt 700 mm, seine Wanddicke 53 mm, am Mannlochrand 85 mm, seine Länge 3000 mm, sein Gewicht 3400 kg. Eingewalzte Rohre verbinden ihn mit der Kesseltrommel.

Die 24 nahtlosen Hochdruck-Siederohre haben 60 mm Außendurchmesser und 7 mm Wanddicke bei 12,8 m mittlerer Länge; ihre beiden Enden sind in die Trommel eingewalzt. Es handelt sich um nahtlos warmgewalzte Mannesmannrohre von ausgesuchter Güte, die auf 200 at geprüft sind und deren Baustoff 38 bis 45 kg/mm² Festigkeit bei rd. 20 vH Mindestdehnung hat.

Die Hochdruck-Überhitzerröhren von 32 mm Außendurchmesser und 3,5 mm Wanddicke sind aus dem gleichen Stahl hergestellt. Bezüglich des Niederdruckkessels und seines Überhitzers, sowie der dafür verwendeten Baustoffe ist nichts Besonderes zu erwähnen.

Endlich enthält die Anlage hinter dem Niederdruckkessel einen Lamellen-Lufterhitzer und eine Saugzug-Vorrichtung. Der Lufterhitzer ist durch eine Leitung unmittelbar mit dem Kohlenstaubbrenner verbunden.

Die Kesselanlage arbeitet mit Kohlenstaubfeuerung. Der Feuerraum hat 42 m³ Inhalt. Die Stirnwand und die Seitenwände werden mit Luft gekühlt, die mehrmals in einem geschlossenen Kanal auf- und abwärts geführt wird und von dort in den Lufterhitzer gelangt. Die Kohlen werden in einer Mühle von besonderer Art gemahlen; ihre Trommel ist mit freigelagerten Schlagarmen ausgerüstet, die auf das mit Rillen versehene Gehäuse fallen und dadurch die Kohlenstücke zerkleinern. Der Kohlenstaub wird durch einen einzigen rechteckförmigen Brenner in den Feuerraum eingeführt. Die Verbrennungsluft kann durch den Brenner oder durch seitliche Öffnungen eintreten. In einiger Höhe über dem Boden des Feuerraumes ist ein Wasserrost angeordnet; er besteht aus 11 dreizölligen, nahtlosen Rohren und vierkantigen Sammlern und steht mit dem Niederdruckkessel in Verbindung. Dieser Rost verhindert die Bildung von Schlackenkuchen auf dem Feuerraumboden, deren Entfernung im Betrieb Schwierigkeiten verursachen würde. Durch ihre plötzliche Abkühlung bei Berührung der Rohre behalten die Abfallteile ihre Staubform.

Abb. 5. Versuchskesselanlage für 110 at Betriebsdruck, erbaut von Gebr. Sulzer, A.-G., Winterthur

Die Kesseltrommeln wurden im Lieferwerk sowie nachher in Winterthur eingehenden Prüfungen unterworfen, ganz besonders in bezug auf die gewährleisteten Werte der Zugfestigkeit und der Dehnung; ferner wurden besondre Biege-

Zahlentafel 3. Versuch am Höchstdruckkessel

Versuch Nr.	2	3	6	7	10	11	12
Versuchsdauer . . . . h	9	8	8	8	8	8	8
Brennstoff:							
Heizwert . . . . . kcal/kg	7500	7500	7500	7500	7590	7590	7590
Verbrauch . . . . kg/h	516	480	508	561	566	590	630
Speisewasser:							
a) Höchstdruckkessel							
Verbrauch . . . . kg/h	2494	2318	3108	3353	3031	3167	3344
desgl. . . . . kg/m²h	55,4	51,5	69,0	74,5	69,5	70,4	74,3
b) Niederdruckkessel							
Verbrauch . . . . kg/h	1630	1493	1634	1667	1863	2080	2089
desgl. . . . . kg/m²h	14,1	13,0	14,2	14,5	15,5	17,3	17,4
Dampf:							
a) Höchstdruckkessel							
Mittlerer Überdruck . . . at	48,8	64,5	83,7	91,1	93,5	100,9	101,8
Temperatur hint. Überhitzer °C	272	310	319	320	—	—	—
b) Niederdruckkessel							
Mittlerer Überdruck . . . at	11,9	12,3	12,0	12,0	13,4	13,3	13,2
Temperatur hint. Überhitzer °C	286	293	290	310	299	292	297

versuche und Kerbschlagversuche im Werk und in Winterthur durchgeführt. Endlich wurden Spannungsmessungen unter Wasserdruck vorgenommen, die viele Aufschlüsse geliefert haben. Vorher wurden über die Festigkeit der Einwalzstellen dickwandiger Rohre in dicken Platten und über die Widerstandfähigkeit eingewalzter Rohre gegen das Herausziehen aus der Rohrwand sowie gegen Ausknicken eingehende Versuche durchgeführt. Die Ergebnisse und Einzelheiten aller dieser sehr lehrreichen Versuche hier anzugeben, würde zu weit führen.

Der Zweidruck-Kessel vermeidet teure Hochdruck-Heizflächen im Gebiete niedriger Gastemperaturen, wo der Wärmeübergang und infolgedessen die Heizflächenbelastung geringer ist. Der Hochdruckkessel wird nur mit destilliertem Wasser gespeist. Dieses wird mittels Niederdruckdampfes erzeugt, der zugleich zum Vorwärmen des Hochdruck-Speisewassers dient. Sattdampf aus dem Niederdruckkessel strömt zu diesem Zweck in einen Wärmeaustauscher, wo er niedergeschlagen wird; der Niederschlag wird in einem Behälter von rd. 20 m³ Inhalt gesammelt; das Kühlwasser des Austauschers ist das Speisewasser für den Hochdruckteil. Das Kondensat wird von einer Kreiselpumpe mit 14 at Überdruck durch den Austauscher gedrückt, nimmt daselbst die Wärme des kondensierenden Dampfes auf und wird dann in den Kessel gefördert.

Auf diese Weise wird die gesamte Wärme des Niederdruckdampfes, abgesehen von den Leitungs- und Strahlverlusten, wieder gewonnen. Die Zwischendruckstufe von 14 at für das Speisewasser des Hochdruckteils im Vorwärmer ist für die Vorwärmung auf mehr als 100 °C unentbehrlich. Die Vorwärmung kann auf diese Weise annähernd bis auf die 14 at entsprechende Siedetemperatur getrieben werden.

Zu erwähnen ist noch, daß zwei Hochdruck-Speisepumpen für 120 at aufgestellt sind, jede für die volle Leistung des Hochdruckkessels. Die eine Pumpe arbeitet mit Dampf-, die andere mit elektrischem Antrieb, wobei zur Vermeidung der Drehzahlregelung des Elektromotors ein Druckölgetriebe verwendet wird.

Der Hochdruckkessel erzeugt normal 3600 kg/h, der Niederdruckkessel 2000 kg/h Dampf. Für die Vorwärmung des Hochdruck-Speisewassers wird nicht der ganze Niederdruckdampf verbraucht. Die Heizflächenbelastung des Hochdruckkessels beträgt normal 80 kg/m²h oder, bezogen auf Wasser von 0 ° und Dampf 640 kcal/kg, 60 kg/m²h. Diese hohe Belastung gestattet, eine kleine Heizfläche zu verwenden. Die Kühlung der Rohre ist aber wegen des kleinen spezifischen Volumens des Dampfes bei dem hohen Druck (0,0164 m³/kg) im Vergleich zu niedrigen Drücken besser; das spezifische Volumen des Dampfes ist z. B. bei 25 at etwa fünfmal größer. Der Hochdruckdampf kann im Druckminderventil auf beliebigen Druck gebracht werden. Hinter diesem Ventil werden die Leitungen für Hochdruck- und Niederdruckdampf zusammengeführt.

Als Rohwasser dient Leitungswasser aus dem städtischen Netz, dessen Gesamthärte rd. 33 franz. Härtegrade beträgt. Es wird in einem Reiniger nach Bauart Sulzer vorgereinigt. Das vorgereinigte Wasser gelangt in ein Sammelbecken und von dort mittels einer Kreiselpumpe in den Niederdruckkessel mit 14 at Betriebsdruck. Der hier erzeugte Dampf wird entsprechend der gebrauchten Zusatzwassermenge (rd. 5 vH der im Höchstdruckkessel erzeugten Dampfmenge) in einem Kondensator niedergeschlagen, wobei die gesamte Dampfwärme in das Kühlwasser übergeht. Das Kühlwasser ist Kondensat aus dem Kondensatsammler und wird mittel einer Kreiselpumpe für 16 at durch de Kondensator gedrückt; es erwärmt sic hier entsprechend der Dampftemperatu (bei 14 at auf rd. 190 °) und wird al dann von der Höchstdruckpumpe in de Höchstdruckkessel mit 110 at Betrieb druck gefördert.

Bei Heizbetrieb gelangt der Dam von 110 at durch ein Druckminderventi in den Dampfverteiler und von dort z den Heizleitungen. Das Kondensat au den Heizungen fließt zurück in de Kondensatsammler, worauf der Kreis lauf von neuem beginnt. Etwa im Nie derdruckkessel zu viel erzeugter Damp wird ebenfalls zur Heizung verwendet In diesem Fall kann auch der Nieder druckkessel zeitweise mit Kondensa (also gereinigtem Wasser) gespeis werden.

Bei Maschinenbetrieb geht der im Höchstdruckdampfkessel erzeugte Damp zur Maschine, wobei die Dampfmenge, die für die Heizung nicht verwendet werden kann, ebenfalls kondensiert wer den muß. Für eine solche Anlage wäre noch ein Hilfs kondensator aufzustellen.

Ergebnisse eines Versuches am Höchstdruckkessel zeig Zahlentafel 3. [M 2646]

Metallbearbeitung

Schneiden von Metallen mit Leuchtgas und Sauerstoff

Das Schneiden von Metallen mit Autogenbrennern er folgt, indem das Metall soweit erwärmt wird, daß es ver brennt, wenn es einem Sauerstoffstrom ausgesetzt wird. Di Schneidbrenner sind daher so ausgebildet, daß eine aus Ga und Sauerstoff bestehende ringförmige Flamme einen Strah reinen Sauerstoffes umgibt. Die Gasflamme erhitzt da Metall, aber die Hauptwärme wird durch das Verbrenne des Metalles im Sauerstoffstrom erzeugt, und diese Wärm bringt dann die umliegenden Teile zum Schmelzen, so da das Schneiden tatsächlich teilweise aus Verbrennen, teil weise aus Abschmelzen besteht. Die durch das Gas zuge führte Wärme ist, nachdem einmal die Verbrennungstem peratur erreicht ist, erst in zweiter Linie von Bedeutung Die Schnelligkeit des Schneidens hängt im wesentliche von der Wirksamkeit des Sauerstoffstrahles ab.

Um die Kosten des autogenen Metallschneidens plan mäßig zu erforschen, sind in den Werkstätten der Genera Electric Co., Schenectady, eingehende Versuche gemacht worden, die dazu geführt haben, daß man jetzt Leuchtgas an Stelle von Azetylen zum Schneiden von Metallen be nutzt. Hierzu wurde ein besonderer Leuchtgasbrenne durchgebildet, mit dem vor allem die Lunkerköpfe in der Stahlgießerei abgeschnitten werden; er dient aber auch zum Ausschneiden von Blechteilen besonderer Form aus Stahl platten. Die dabei gemachten Erfahrungen haben gezeigt daß das Schneiden mit Leuchtgas wesentlich billiger ist, als das Schneiden mit Azetylen oder Wasserstoff; nur beim Aus brennen von Nieten, wo die Vorwärmung auf die Verbren nungstemperatur bei jedem einzelnen Niet eine große Rolle spielt, ist Azetylen vorteilhafter. Wenn diese Temperatur erreicht ist, und das Metall durch eigene Verbrennung den

Abb. 8. Sauerstoffverbrauch der Erhitzungsflamme

Abb. 9. Gasverbrauch der Ringflamme

Hauptteil der Wärme liefert, ist die Schnittgeschwindigkeit bei allen Gasarten annähernd gleich.

Bei den Versuchen wurde der Gasverbrauch der ringförmigen Erhitzungsflamme und des mittleren reinen Sauerstoffstrahles der eigentlichen Schneidflamme getrennt gemessen. Der Verbrauch der Schneidflamme an Sauerstoff ist unabhängig von der Art der verwendeten Erhitzungsflamme. Der Verbrauch der Erhitzungsflamme an Sauerstoff ist je nach der Gasart verschieden und aus Abb. 8 ersichtlich; er tritt aber im ganzen gegen den Sauerstoffverbrauch der Mittelflamme zurück, selbst bei Leuchtgasverwendung, da er nur etwa ⅙ bis ⅕ des gesamten Sauerstoffverbrauches beträgt. Der wichtigere Verbrauch an Heizgas ist aus Abb. 9 ersichtlich; die Kosten lassen sich zum Vergleich berechnen, wenn man die Preise der Gase berücksichtigt, die sich in Amerika in der Reihenfolge Leuchtgas, Wasserstoff, Azetylen etwa wie 1 : 13 : 30 stellen.

Die Versuche, bei denen die Verbrauchszahlen an Gas festgestellt werden, wurden mit einer Schneidmaschine durchgeführt, die mit gleichbleibender Geschwindigkeit arbeitete; die Zufuhr von Azetylen, Leuchtgas oder Wasserstoff wurde dann so geregelt, daß die beabsichtigte Schnittgeschwindigkeit innegehalten werden konnte. Bei der Verwendung von Leuchtgas konnten normale Brenner verwendet werden, wenn der Heizwert des Gases über 4900 kcal/m³ betrug, bei Gas mit geringerem Heizwert mußte der in Abb. 10 dargestellte Sonderbrenner verwendet werden, der im Innern eine kleine Leuchtgasheizflamme hat, durch die alle Gase des Schneidbrenners vorgewärmt werden. Auch ähnliche Brenner mit elektrischer Heizvorrichtung haben sich bewährt; sie finden bei mechanischen Schneidvorrichtungen Verwendung. Durch die Vorwärmung wird die Flamme so viel heißer, daß vor allem die bis zum Brennen erforderliche Erwärmungszeit wesentlich abgekürzt wird. Bei Handbrennern ist das Arbeiten durch die Vorwärmung wesentlich erleichtert. Da die kühlende Wirkung des Sauerstoffes verringert wird, ergibt sich ein um etwa 25 vH geringerer Sauerstoffverbrauch. Die zusätzlichen Kosten der Vorwärmung sind bedeutungslos gegenüber dem damit erzielbaren Gewinn. Abgesehen von den Vorteilen geringeren Gasverbrauches, ist Leuchtgas auch im Betriebe handlicher, weil unabhängig von Gasflaschen oder Gaserzeugern gearbeitet werden kann.

Die Versuche der General Electric Co. erstreckten sich weiter auf Feststellung des günstigsten Gasdruckes. Als vorteilhaft erwiesen sich geringe Durchmesser der Mundstücköffnungen und geringere Gasdrücke als üblich. Der Druck muß möglichst so niedrig gehalten werden, daß der Sauerstoffstrahl bei der gewählten Schnittgeschwindigkeit gerade durch das Blech hindurchzubrennen imstande ist. Dann ergibt sich für den Brenner ein Wirkungsgrad von 60 vH, der durch Vorwärmung der Gase noch gesteigert werden kann. [M 2290] C.

Abb. 10. Leuchtgas-Schneidbrenner mit Vorwärmung durch Leuchtgas
a Umhüllung *b* Heizschlangen *c* Vorwärmgasbrenner

Kleine Mitteilungen

Kosten für die Krafterzeugung bei verschiedenen Dampfdrücken

Die Erkenntnis, daß der thermische Wirkungsgrad sich mit zunehmendem Anfangsdruck erhöht, hat dazu geführt, daß man auch in der Praxis zu immer höheren Kesselspannungen übergeht. Man darf aber nicht übersehen, daß die reinen Brennstoffkosten, die in erster Linie vom thermischen Wirkungsgrad abhängen, nur einen Teil der Gesamtkosten bei der Krafterzeugung bilden.

Um diese Fragen zu klären und die wirtschaftlichsten Kesseldrücke für Anzapf- und Gegendruckmaschinen zu ermitteln, wurde das Beispiel einer Papierfabrik gewählt, die etwa 5000 kW mittleren Kraftbedarf, 11 300 kg/h Heizdampfbedarf von 8,75 at abs und 34 000 kg/h Heizdampfbedarf von 1 at abs hat. Auf Grund von neuesten Kostenanschlägen wurden nunmehr die Vorberechnungen für vier Fälle durchgeführt. Die angenommenen Kesseldrücke betragen 10,5, 17,5, 28 und 42 at abs, die entsprechenden Temperaturen 183 °, 230 °, 267 ° und 304 °. Bei diesen Annahmen ergeben sich für den Anzapfdampf in jedem Falle gleiche Temperatur und gleicher Dampfzustand.

Die Brennstoffkosten sind naturgemäß bei der Hochdruckanlage am geringsten, bei der Niederdruckanlage am höchsten. Es ist aber bemerkenswert, daß die Ersparnisse, die sich von Fall zu Fall ergeben, immer kleiner werden. Beim Übergang von 10 auf 17,5 at abs betragen sie jährlich 142 000 ℳ, beim Übergang von 28 auf 42 at abs dagegen nur noch 61 000 ℳ. Die Kosten für Kohlen- und Aschenförderung werden gleichfalls mit zunehmendem Druck geringer, ebenso von den Anlagekosten diejenigen für Gebäude, Roste, Ventilatoren, Schornsteine u. a. Dagegen bleiben die Anlagekosten für die Kessel selbst, für Überhitzer und Vorwärmer, Rohrleitungen, Armaturen usw. in den ersten drei Fällen ungefähr gleich, nehmen aber beim Übergang von 28 auf 42 at abs schon erheblich zu und werden bei weiterer Druckerhöhung vermutlich noch schneller anwachsen. Die Kosten für das Maschinenhaus und die Turbodynamo-Anlagen nehmen mit zunehmendem Druck sogar von Beginn an etwas zu; beim Übergang von 28 zu 42 at abs wird auch hier die verhältnismäßige Zunahme stärker. Bei Annahme von 15 vH Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals und 5 vH Erhaltungskosten ergeben sich zum Schluß die gesamten Kraftkosten für 10,5 at Kesseldruck bei weitem am höchsten, dann folgt die 17,5 at-Kesselanlage. Bei 28 und 42 at Kesseldruck sind die Gesamtkosten fast genau gleich. Daraus ergibt sich, daß unter den heutigen Verhältnissen eine Druckerhöhung über 30 at im allgemeinen keine wirtschaftlichen Vorteile bringt. („Power" 28. Dezember 1926 S. 972.) [N 39 a] Pt.

Wasserkraftanlagen am Susquehanna

Die seit einem Jahr im Bau befindliche Anlage bei Conowingo soll 594 000 PS erzeugen. Der rd. 1460 m lange und über der Sohle rd. 315 m hohe Staudamm ist als Schwergewichtmauer in Beton ausgeführt. Er staut rd. 71 Mill. m³ Wasser in einem Becken auf, das sich im Bett des Susquehanna rd. 21 km aufwärts erstreckt. Zum Überfallablaß bei Hochwasser hat der Damm in seinem mittleren Teil auf 730 m Länge fünfzig Tore von je 11,6 × 6,8 m² sowie drei Tore von 11,6 × 3,1 m² Querschnitt.

Das Krafthaus ist an der Westseite des Dammes in rd. 290 m Länge bei rd. 53 m Breite ausgebaut. Zunächst sind sieben Francisturbinen mit stehender Welle aufgestellt worden, die jede bei 27 m Gefäll und 81,8 Uml./min bis zu 54 000 PS leisten. Vier weitere Turbinen gleicher Leistung sollen später eingebaut werden. Die Stromerzeuger werden bei 13 800 V je 40 000 kVA abgeben. Bei niedrigem Wasserstand wird die Anlage mit höchstens 190 000 kW Leistung als Spitzenwerk für die Dampfkraftanlage von Philadelphia dienen, bei hohem Wasserstand dagegen soll die Wasserkraftanlage als Hauptwerk und die Dampfkraftanlage als Spitzenwerk arbeiten. („Engineering News-Record" 23. Dezember 1926 S. 1024*.) [N 39 b] Sd.

Ford-Flugzeuge

Die Ford Motor Co. unterhält zwei Luftverkehrsstrecken Detroit—Cleveland (rd. 150 km) und Detroit—Chicago (rd. 380 km). Als Flughafen wurde Dearborn gewählt, wo man eine Flugzeughalle (rd. 90 m Torweite) und eine

Flugzeugwerft errichtete. Für den Luftverkehr wurden zwei Flugzeug-Bauarten (Hochdeckerform) geschaffen. Als Werkstoff wird für Rumpf und Flügel Duralumin verwendet; die Brennstoffbehälter sind in den Flügeln angeordnet. Rumpf und Flügel sind mit 0,35 mm dickem Duralumin-Wellblech bekleidet, die Durchschnittgeschwindigkeit beträgt rd. 160 km/h. Die eine Bauart ist mit einem wassergekühlten 400 PS-Liberty-Motor ausgerüstet, die andre mit drei luftgekühlten sternförmigen 200 PS-Wright-Motoren. Die einmotorigen Flugzeuge befördern 8 Reisende und die dreimotorigen (Spannweite 18 m) 12 Personen, außerdem Post, Gepäck und Eilgut. („The Iron Age" 23. Dezember 1926 S. 1753.) [N 39 c] Gw.

Rohstoffförderung in Indien 1925

Der jährliche Bericht der geologischen Landesanstalt von Indien für das Jahr 1925 ist abgeschlossen worden. 20,9 Mill. t Kohle (21,17 Mill. t 1924), hauptsächlich in den Bezirken Bihar, Orissa und Bengal, wurden gefördert, von denen 216 370 t (darunter rd. 840 t Koks) ausgeführt wurden; eingeführt wurden 483 160 t (darunter rd. 32 800 t Koks). An Eisenerzen wurden 1,545 Mill. t (1,445 Mill. t 1924) gewonnen, und zwar von der Tata Iron and Steel Co. 957 000 t, von der Indian Iron and Steel Co. 228 000 t und von der Bengal Iron Co. 250 000 t. 211 Hochöfen (229 1924) waren in Betrieb; ausgeführt wurden rd. 382 000 t Roheisen. Die Manganerzausbeute betrug 839 000 t (803 000 t 1924), eine Höchstzahl, wovon 739 000 t (766 000 t 1924) ausgeführt wurden. Unter den andern Rohstoffen sind zu nennen (Angaben in t):

	Förderung		Ausfuhr	
	1924	1925	1924	1925
Chromeisenstein	45 462	37 452	30 089	36 157
Magnesit	24 000	29 620		
Zinn	1 880	2 308		
Wolfram	739	772		
Zink	18 650	16 810	15 192	20 967
Bauxit	23 228	10 070		
Kupfer (Burma)	2 935	8 029		

(„The Iron and Coal Trades Review" 7. Januar 1927 S. 4.) [N 39 f] Gw.

Hochschullaboratorium für 2,1 Mill. V Spannung

An der Universität Stanford, U. S. A., hat H. J. Ryan ein neues Laboratorium errichtet, worin Spannungen bis zu 2,1 Mill. V erzeugt werden können. Das Gebäude ist rd. 52,5 m lang, 24 m breit und 15,2 m hoch. An einer Seite können Schiebetore von 12 m Länge und 14 m Höhe geöffnet werden, wenn man die Hochspannungsleitungen über den verfügbaren Raum hinaus verlängern will. Aus Sicherheitsgründen sind rd. 6 m Abstand zwischen den einzelnen Leitungen vorgeschrieben. In der Halle stehen sechs Transformatoren mit zwei Primär- und einer Sekundärspule. Eine weitere Spule dient zum Anschluß des Meßgerätes für Spannungsmessungen, die mit 0,5 vH Genauigkeit vorgenommen werden können. Ein Transformator steht unmittelbar mit seinem Gehäuse auf dem Erdboden, während die fünf andern mit je drei verschieden langen zylindrischen Füßen aus isoliertem Stoff den Boden berühren. Zwei G. E. C.-Stromerzeuger von 1050 kVA mit genauer Sinus-Spannungskurve sind unmittelbar mit Synchronmotoren von 500 k bei 2300 V gekuppelt. Für die nächsten fünf Jahre Ryan einen umfangreichen Forschungsplan aufgeste („Electrical World" 18. Dezember 1926 S. 1263*.) [N 39 d] Sd

Wahl der richtigen Arbeitsmaschin

Nach amerikanischem Urteil lassen sich die bei schaffung einer neuen Arbeitsmaschine zu beachten Grundsätze in ein gewisses Schema bringen. Bei a gesprochener Massenfertigung und Fließarbeit kann m eine hochleistungsfähige Sondermaschine wählen, die geringe Veränderungen zuläßt; bei Einzelfertigung w man der normalen, leicht anpaßbaren Normalmaschine Vorzug geben. Beim Vergleich der zur Wahl stehen Maschine sind folgende Hauptpunkte in Betracht zu zieh

Gewicht der Maschine	Abhängigkeit von ande Einrichtungen
Antriebart	Starrheit der Maschine
Bedienung (von Hand, halbautomatisch, selbsttätig)	Einspannung des We stückes
Zubehör	Schmierung und Kühlung
Schutzvorrichtungen (für Arbeiter und für Maschine)	Geschwindigkeiten der wegten Teile
Schnittgeschwindigkeiten	Leistung
Anpaßfähigkeit an verschiedene Arbeiten	Vorschübe
	Raumbedarf
Fundamente	Feuersicherheit

Bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung muß man die na stehenden Kosten in Erwägung ziehen:

Anschaffungskosten der Maschine	Abschreibungsraten
	Zubehörkosten
Kosten der Aufstellung	Verbrauch der Ersatzteile
Ausbesserkosten	Schmiermittel
Kraftkosten	Lohnsatz des Maschin arbeiters
Kühlmittel	
Kosten des Werkstattraumes	

Jedenfalls ist es falsch, den Kauf einer Maschine nur v Verkaufspreis abhängig zu machen oder etwa eine ho wertige Maschine „nach Gewicht" einkaufen zu woll („American Machinist" 8. Januar 1927 S. 891/94.) [N 39 e] Hä

Wettbewerb betreffend Lichtbogenschweißung

In Anbetracht der Wichtigkeit des Lichtbogenschwe verfahrens für die Herstellung und seiner Einflüsse auf Konstruktion hat die American Soc. of Mech. Eng. d Preise im Gesamtwerte von 17 500 $ für bemerkenswe Anregungen auf diesem Gebiete ausgesetzt. Die Entwü müssen bis zum 1. Januar 1928 in englischer Sprache e gereicht sein. Nähere Einzelheiten über den Wettbew sind von der Geschäftstelle der Gesellschaft zu erhalt („Mechanical Engineering" Januar 1927 S. 84.) [N 39 g] Gs

Rollenlager bei Eisenbahnwagen

Die in Nr. 48 (1926) S. 1626 unter der oben genannt Überschrift erwähnten Versuche mit Rollenlagern wurd lediglich auf SKF- und Hyatt-Lagern durchgeführt. I Versuche fielen so gut aus, daß man sich zur Einführu von Rollenlagern in größerem Maßstabe entschloß. D Auftrag für die Rollenlager von 127 Wagen der Chica Milwaukee & St. Paul-Eisenbahn wurde der Timken Rol Bearing Co., Canton, Ohio, übertragen. [N 39 h]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501.)

Motorschlepper für Industrie und Landwirtschaft. Von G. Becker. Berlin 1926, M. Krayn. 221 S. m. 192 Abb. Preis 8 *M*.

Im vorliegenden Buche hat der Verfasser die gesamten Ergebnisse seiner im amtlichen Auftrage durchgeführten wissenschaftlichen Untersuchungen niedergelegt, über die er im Sommer 1926 bereits vorgetragen hat, s. Z. Bd. 70 (1926) S. 1209. Allen denen, die sich über den heutigen Stand dieses aussichtreichen Zweiges des Kraftfahrzeugbaues unterrichten wollen, kann das Buch als reiche Quelle von Gestaltungs- und Betriebsangaben über deutsche und ausländische Kraftschlepper empfohlen werden.

Außer der Zusammenstellung der allgemeinen Erkenntnis über den Bau von Kraftschleppern, die im wesentlichen den Inhalt des erwähnten Vortrages bilden, ist das Buch, und zwar sein Hauptteil, der Wiedergabe von Ergebniss der Einzeluntersuchungen gewidmet, die namentlich bei d Bauarten der Hanomag, von Pöhl, Lanz, Benz-Sendling u Fordson sehr eingehend durchgeführt worden sind. Z gleich mit den Ergebnissen werden auch Einzelheiten d Bauart, Anordnungen der Getriebe, Abmessungen der Zah räder, Gewichte usw. mitgeteilt, alles Angaben, die son kaum zugänglich sind und dem Konstrukteur wertvolle A regung bieten. Auch die Zusammenstellung der Hau angaben über 101 amerikanische Kraftschlepper, deren B triebsergebnisse der Verfasser mit den Ergebnissen sein eigenen Versuche verglichen hat, und die Angaben über d im Laboratorium für Kraftfahrzeuge zu Charlottenburg b nutzten Meßverfahren sind wert, genau studiert zu werde [E 2592] Dr. Heller

Die Einsatzhärtung von Eisen und Stahl. Von H. Brearley, deutsch von Dr.-Ing. R. Schäfer. Berlin 1926, Julius Springer. 249 S. m. 124 Abb. Preis 19,50 ℳ.

Zu begrüßen ist es, daß die Schrift von Brearley in das Deutsche übertragen wurde. Besonders wertvoll wird das Buch noch dadurch, daß der Bearbeiter eigene Beobachtungen und Ergebnisse eigener Untersuchungen aus dem praktischen Betriebe mit verwertet hat. Die zusammenfassende und ausführliche Arbeit gibt über alle Fragen der Einsatzhärtung Auskunft: Gefügeveränderungen eingesetzter Stähle, Sehnen- und Schichtenbildung in den Kernen, Eigenschaften und Fehler der im Einsatz gehärteten Außenschicht, Arbeiten in der Einsatzhärterei, Einsatzstähle, Kohlungsmittel, Automobilstähle, Härten und Anlassen, Prüfverfahren.

Am Ende des Buches werden die wichtigsten deutschen Veröffentlichungen über Einsatzhärtung mitgeteilt. Dem praktisch arbeitenden Ingenieur wird diese Schrift, die die Fragen gemeinfaßlich bearbeitet, wertvoll und unentbehrlich sein. [E 2562] Gw.

Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen. 3. Bd.: **Wärmewirtschaft im Eisenhüttenwesen.** Von Max Schlipköter. Dresden-Leipzig 1926, Theodor Steinkopff. 119 S. m. 55 Abb. Preis 8,20 ℳ.

Der Verfasser versucht in dem vorliegenden Bändchen die wesentlichen Richtlinien zu veranschaulichen, nach denen die Wärmewirtschaft im Eisenhüttenwesen aufgebaut werden muß. Besonders eingehend wird die Wärmewirtschaft des Hochofenbetriebes behandelt. Es folgen wärmewirtschaftliche Betrachtungen über den Gaserzeugerbetrieb, den Martinofen und das Thomasstahlwerk sowie über Walzwerkantrieb und Walzwerköfen. Ein wärmewirtschaftlicher Vergleich zwischen dem Thomas- und Martinprozeß zeigt in anschaulicher Weise, wie beträchtlich der Minderwärmeaufwand für 1 t Stahl beim Martinofenverfahren gegenüber dem Thomasverfahren sein kann.

Die Wärmewirtschaft der Eisengießerei ist etwas stiefmütterlich behandelt. In dem Kapitel „Krafterzeugung" rechnet der Verfasser nur eine kleine wärmetechnische Überlegenheit der Gasmaschine gegenüber der Dampfmaschine heraus. Dagegen ist eine Großdampfturbine mehreren Gasmaschinen von gleicher Gesamtleistung in den Anlagekosten stark überlegen; das gleiche gilt für die Kosten von Wartung und Erhaltung.

Mit einem reichhaltigen Verzeichnis des einschlägigen Schrifttums schließt das Bändchen, dessen Benutzung dem Eisenhüttenmann und dem, der es werden will, warm empfohlen werden kann.
[E 2583] Dr.-Ing. A. Wagner

Utilizzazioni di Forze idrauliche impianti idroelettrici. Von Francesco Marzolo. Padova 1926, Casa Editrice dott. a. Milani. 374 S. m. 332 Abb. Preis 50 L.

Das Werk behandelt in acht Abschnitten die hydrologischen Grundlagen, Wasserwirtschaft, Stauanlagen und Kläreinrichtungen, Staumauern nebst Entnahmebauwerken, Werkkanäle und Stollen, Wasserschloß und Druckrohrleitung, Krafthauseinrichtung und Turbinen nebst deren Regelung und die Bauausführung.

Der in der Hauptsache beschreibende Inhalt wird durch eine große Anzahl meist sehr guter Bilder ergänzt; nicht gut gelungen sind die wenigen Konstruktionszeichnungen. Die Berechnung beschränkt sich auf die Hauptabmessungen. Der Verfasser bringt vorzugsweise italienische Ausführungen und für dortige Verhältnisse passende Bauarten.

Die Darstellung ist klar und übersichtlich und das reichhaltige Bildmaterial bietet auch für den deutschen Fachmann viel Beachtenswertes.
[E 2576] Prof. Dr.-Ing. Braun

Handbuch der Physik. Herausg. von H. Geiger und Karl Scheel. 10. Bd.: Thermische Eigenschaften der Stoffe. Red. von F. Henning. Berlin 1926, Julius Springer. 486 S. m. 207 Abb. Preis 37,50 ℳ.

Von den 24 Bänden, die das Handbuch der Physik umfassen soll, behandeln drei, darunter der vorliegende, das Gebiet der Wärme. Er ist bearbeitet von Drucker, Grüneisen, Kohnstamm, Körber, Scheel, Schrödinger, Simon und van der Waals jr. Die Verteilung des Stoffes an so vorzügliche Kenner der einzelnen Gebiete soll eine wirklich neuzeitliche, lückenlose und kritische Darstellung verbürgen.

In der Tat ist dieses Ziel bei den meisten Abschnitten erreicht worden, z. B. von Grüneisen im Kapitel 1 (Zustand des festen Körpers) und von Körber im Kapitel 2 (Schmelzen, Erstarren und Sublimieren). Das Kapitel 3 (Zustand der gasförmigen und flüssigen Körper) dagegen weist Lücken auf, auf die hingewiesen werden muß. Daß van der Waals jr. die von dem Korrespondenzgesetz seines berühmten Vaters ausgehenden Forschungen gründlich behandelt, mag anerkannt werden, obwohl schon hier manches fehlt, z. B. jeder Hinweis auf die theoretischen Arbeiten von Schames. Die in deutschen technischen Zeitschriften niedergelegten Forschungen aber scheinen ihm fast gänzlich fremd zu sein. In Abschnitt 35 fehlt die grundlegende Arbeit von Knoblauch, Linde und Klebe über das spezifische Volumen des Wasserdampfes, in Abschnitt 75 die von Noell über den Thomson-Joule-Effekt der Luft (beide in den Forschungsarbeiten und in dieser Zeitschrift veröffentlicht). Die Untersuchungen von Kleinschmidt und Davis an der Harvard-Universität über den Drosseleffekt bei überhitztem Wasserdampf (Z. Bd. 68 1924 S. 732) sind ebenfalls übergangen. Selbst die Messung der Sättigungskurve des Wasserdampfes bis zum kritischen Druck von Holborn und Baumann, obwohl in den Annalen der Physik veröffentlicht, scheint nicht erwähnt zu sein. Daß kein Wort von Dampfdiagrammen, wie z. B. dem Mollier-Diagramm, gesagt ist, nimmt da nicht weiter wunder. Man möchte hoffen, daß die erwähnten und ähnliche Lücken an einer andern Stelle des vielbändigen Werkes ausgefüllt werden könnten.

Die übrigen Kapitel liegen dem Interesse des Ingenieurs ferner, mit Ausnahme des von einem der Herausgeber (Scheel) selbst bearbeiteten Kapitels 6 (Spezifische Wärme, experimenteller Teil). Es ist das einfachste des ganzen Bandes und kann auch von einem mathematisch Unbewanderten mühelos gelesen werden, während sonst größere Anforderungen an den Leser gestellt werden.

Von dem einen Kapitel abgesehen ist dieser ersterschienene Band des Handbuches vorzüglich gelungen, auch was die äußere Ausstattung anlangt. Mittlerweile sind, wie erwähnt werden möge, bereits acht Bände des Werkes erschienen, das eine Glanzleistung deutscher Wissenschaft zu werden verspricht. [E 2567] Max Jakob

Die Asbest-Zementschiefer-Fabrikation. Von K. H. Weniger. 2. Aufl. Berlin 1926, M. Krayn. 258 S. m. 78 Abb. Preis 17 ℳ.

Vor über 25 Jahren kam der erste Asbestschiefer auf den Markt. Daher ist das in jeder Beziehung reichhaltige Buch eine Art Jubiläumsausgabe; es ist trotz dieser langen Zeit bis heute das einzige deutsche Buch dieser Art. Nach einer Einleitung über die Verwendbarkeit und die Vorzüge des Asbest-Zementschiefers werden Vorkommen und Bearbeitung des Rohasbestes behandelt und die Anforderungen an den Zement kurz angeführt.

Der Hauptteil des Buches, der Pläne einer Fabrik für Asbest-Zementschiefer sowie Zeichnungen und Abbildungen von einschlägigen Maschinen enthält, behandelt neben allen Maschinen für die Herstellung von Asbest-Zementschiefer mit sachlicher Kritik die Herstellungsverfahren mit und ohne Rundsiebmaschine, an der Spitze das Hatschek-Verfahren (Naß), aus dem sich die anderen Verfahren entwickelt haben.

Die 35 Berechnungsbeispiele machen das Buch auch für den Betriebsleiter wertvoll. Der letzte Abschnitt des Buches behandelt das Fertigerzeugnis und seine verschiedenen Formen, wie leichte, feuer- und wärmesichere, wetterbeständige Platten für Wände, Fußböden und Dächer sowie Isolierstoff in der Elektrotechnik, der mit Fräser, Gewindebohrer usw. beliebig bearbeitet werden kann. Neuerdings stellt man auch Asbest-Zementrohre her, die billig und fest sind und nicht rosten. Außerdem lassen sie sich bequem auf jede Länge schneiden. Prüfergebnisse ergänzen diesen Abschnitt.

Vorbildlich ist die ausführliche Darstellung des Stoffes. Man sollte hoffen, daß sich die Zahl der Interessenten stark vermehren wird, da die Anwendungsmöglichkeiten noch längst nicht erschöpft sind. Das Werk kann warm empfohlen werden. [E 2542] Oest.

Sammlung Göschen 951. Bd.: **Radiotechnik.** 3. T.: Die Empfänger. Von H. Saacke. Berlin und Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. 114 S. m. 82 Abb. Preis 1,50 ℳ.

Wie baut Amerika? Von Richard J. Neutra. Stuttgart 1926, Julius Hoffmann. 76 S. m. 105 Abb. Preis 8,50 ℳ.

Schriften a. d. Gesamtgebiet d. Gewerbehygiene N. F. 15. H.: **Die deutsche Fabrikpflegerin.** Von L. Schmidt-Kehl. Berlin 1926, Julius Springer. 31 S. Preis 1,80 ℳ.

Chemie und Technik der Gegenwart. Herausg. v. Walter Roth. 6. Bd.: **Die Kunstseide.** Von V. Hottenroth. Leipzig 1926, S. Hirzel. 492 S. m. 97 Abb. Preis 28 ℳ.

Patentanwalt oder Patentsachwalter. Ein Beitrag zur Patentanwaltsfrage. Von J. Ephraim. Berlin 1927, Carl Heymanns Verlag. 19 S. Preis 1,50 ℳ.

Der Ingenieur als Erzieher. Von E. Horneffer. Essen 1926, G. D. Baedeker. 71 S. Preis 3 ℳ.

Die Sicherungs-Einrichtungen für den Zugverkehr auf den deutschen Bahnen. Von H. Mölleringg. Leipzig 1926, S. Hirzel. 554 S. m. 376 Abb. Preis 35 ℳ.

Die Fermente und ihre Wirkungen. Von C. Oppenheimer. Nebst einem Sonderkapitel: Physikalische Chemie und Kinetik. Von R. Kuhn. 5. Aufl. Lfg. XIII: S. 1874 bis 2037. Preis 19 ℳ.

„Hütte“, des Ingenieurs Taschenbuch. Herausg. v. d. Akademischen Vereinigung Hütte, E. V., Berlin. 25. neubearb. Aufl. 2. Bd. Berlin 1926, Wilh. Ernst & Sohn. 1167 S. m. zahlr. Abb. Preis 17,70 ℳ.

Das Formen und Gießen von Metallen, Eisen und Stahl. V[on] M. Escher. Stuttgart 1926, Dieck & Co., Franck[h'sche] Technischer Verlag. 400 S. m. 519 Abb. Preis 7,70 ℳ.

Jacob Fugger der Reiche. Von Jakob Strieder. Lei[p]zig 1926, Quelle & Meyer. 171 S. m. Abb. Preis 6 ℳ.

Technisches Auskunftsbuch für das Jahr 1927. Von Hube[rt] Joly. 32. Jg. Kleinwittenberg a. d. E. 1927, Joly Au[s]kunftsbuch-Verlag. 1300 S. Preis 9 ℳ.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Abnahmeprüfung des 15000 PS-Dieselmotors

In dem Aufsatz „Die Abnahmeprüfung des 15 000 PS-Dieselmotors usw.“ (Z. Bd. 70 (1926) S. 1409) erscheint wieder der im technischen Schrifttum häufig auftretende Fehler einer falschen Wärmebilanzierung. Das Äquivalent der Reibungs-, Gebläse- und Verdichterarbeit darf nicht neben der Kühlwasser- und der Auspuff- (einschließlich Strahlungs-) Wärme gebucht werden, sondern es ist in den beiden letzteren Posten enthalten.

Zur Erläuterung diene folgendes: Die Reibungsarbeit setzt sich in Wärme um, die als Kolbenreibung hauptsächlich in das Zylinderkühlwasser und als Zapfenreibung durch das Umlaufschmieröl im Ölkühler abgeleitet oder an die Umgebung abgegeben wird. Das Äquivalent der indizierten Kompressorarbeit erscheint in der Kühlwasserwärme des Kompressors und in der erwärmten Druckluft, die im Maschinenprozeß aufgeht. Das gleiche gilt für das Gebläse, nur mit dem Unterschied, daß an die Stelle des Kühlwassers die kühlende Umgebung tritt.

Die Wärmebilanz der Zahlentafel 4 muß demnach wie folgt richtiggestellt werden:

	kcal/PS$_e$h ohne Gebl.	kcal/PS$_e$h mit Gebl.
Im Brennstoff zugeführte Wärme	1683	1772
Im Kühlwasser abgeführte Wärme	439	461
Im Auspuff abgeführte Wärme einschließlich Strahlung	612	679
Nutzleistung	632	632

Abb. 1. Qualitativ richtige Energiebilanz einer Dieselmaschine mit Einblasekompressor

Abb. 1 gibt das Bild der qualitativ richtigen Energi[e]bilanz einer Dieselmaschine mit Einblasekompressor. D[ie] Hauptbilanz umfaßt folgende Glieder:

1. . . . . . zugeführte Energie (im Brennstoff)
2. . . . . . Nutzarbeit
3. . . . . . Kühlwasserwärme (Maschine und Kompresso[r])
4. . . . . . Abgaswärme hinter der Maschine
5. . . . . . an die Umgebung abgegebene Wärme

Die Nebenbilanz, in der eine beliebig weitgehende An[a]lyse zur Darstellung gebracht werden kann, zeigt hier f[ol]gende Glieder:

6. . . . . . indizierte Arbeit der Maschine
7. . . . . . indizierte Arbeit des Kompressors
8. . . . . . Kühlwasserwärme des Kompressors
9. . . . . . Luftwärme der Einblaseluft, die, um die v[on] ihr an die Umgebung abgegebene Wärme 14 vermi[n]dert, der Maschine wieder zugeführt wird
10. . . . . Reibungsarbeit der Maschine und des Ko[m]pressors
11. . . . . . an das Kühlwasser abgegebene Reibung[s]wärme
12. . . . . . an die Umgebung abgegebene Reibung[s]wärme
13. . . . . . an das Arbeitsmedium abgegebene Reibung[s]wärme (ein Teil der Kolbenreibung).

Aachen P. Langer

Erwiderung.

Das von Prof. Langer aufgestellte Wärmebilanz-Di[a]gramm ist meines Erachtens nur richtig, wenn er — [im] Gegensatze zu der in seinem Schreiben zum Abdruck g[e]brachten Definition der zugeführten Energie als im Bren[n]stoff zugeführte Wärme — unter zugeführter Energie v[er]steht: Brennstoffwärme plus Luftwärme der Einblasel[uft] plus an das Arbeitsmittel abgegebene Reibungswärme. Ei[ne] vollständig korrekte Wärmebilanz, wie sie Prof. Lang[er] anstrebt, aufzustellen, ist praktisch vielfach nicht mögli[ch], weil im praktischen Betriebe meist nur einfache Messung[en] mit einfachen Mitteln vorgenommen werden können. F[ür] diese Fälle genügt aber auch eine Bilanz der bisher üblich[en] Form zu Vergleichzwecken durchaus.

Sollte sich künftig ein Bedürfnis nach größerer K[or]rektheit der Wärmebilanz einstellen, so wäre es zunäc[hst] einmal Sache des Ausschusses zur Aufstellung von Rege[ln] für Leistungsversuche an Verbrennungsmotoren, eine Re[ge]lung zu treffen, die diesem Bedürfnisse möglichst e[nt]spricht, ohne daß verwickelte Messungen und Meßeinric[h]tungen dazu nötig werden. [D 2494] W. Laudahn

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 29. JANUAR 1927 NR. 5

Vom Bau der Delawarebrücke in Philadelphia. Spinnen der ersten Hauptkabeldrähte

Die Kabel der Delawarebrücke in Philadelphia[1]

Von Reg.-Bmstr. a. D. Dr.-Ing. Rudolf Bernhard, Berlin

Hauptkabel und Hängeseile — Bericht über die eingehenden Versuche, die zur Wahl der Kabelausbildung geführt haben
Das Freiluft-Spannverfahren

Vorversuche

Bei Prüfung der für die Delawarebrücke in Frage kommenden Bauarten: Ausleger- oder Hängebrücke, wobei, wie schon erwähnt, die Auslegerbrücke sich als bedeutend kostspieliger erwiesen hatte, wurden eingehende Versuche über noch ungeklärte Fragen beim Entwerfen größerer Kabelbrücken durchgeführt. Diese Vorversuche wurden vom U. S. Bureau of Standards, Washington D. C., und von der großen Drahtfirma J. A. Roeblings, Trenton N. J., angestellt, die einen Teil der Versuche bereits für den Bau der Bear Mountain-Brücke über den Hudson oberhalb New Yorks (Fertigstellung 1924) vorgenommen hatte. Wegen der konstruktiv einfacheren Ausbildung der Fahrbahnaufhängung bei Kabeln gegenüber Augenstabketten wurde eine Kabelbrücke mit einem e i n z i g e n p a r a l l e l d r ä h t i g e n Kabel für j e e i n e n Versteifungsträger gewählt. Der Grund hierfür war, daß bei vier oder noch mehr Kabeln infolge verschiedener Durchbiegung der einzelnen Kabel größere Nebenspannungen in der Fahrbahn kaum vermieden werden können. Da-

[1] Fortsetzung des Aufsatzes „Die Delawarebrücke in Philadelphia“, Z. Bd. 70 (1926) S. 1401. Der Gesamtaufsatz erscheint als Sonderabdruck.

17,5
38,4

Abb. 5 a. Querschnitt der Delawarebrücke

Der im ersten Aufsatz über die Delawarebrücke, Z. Bd. 70 (1926) S. 1402, als Abb. 5 gebrachte Querschnitt stellt den Vorentwurf aus dem Jahre 1921 dar

Draht 4,9 mm

Abb. 16
Einzeldrahtverbindung (zum Teil im Schnitt dargestellt, die keilförmig zugeschnittenen Drahtenden zeigend)

Abb. 17. Zerreißversuch an einem Aufhängeseil über eine Kabelschelle

durch ergab sich der Kabeldurchmesser zu 762 mm. Da Kabel derartiger Größe bisher noch nicht hergestellt worden sind, mußten sich die Versuche auch auf entsprechend große Querschnitte erstrecken, um die verschiedenen Einwände der Kabelbrückengegner zu entkräften.

Die wesentlichen Versuche sind sowohl an eine Kabelstück als an Kabelsträngen und an Einzeldrä ten ausgeführt, genau in der Form und Größe, wie s beim Brückenbau Verwendung finden sollten (s. weit unten). Andere Parallelversuche erstreckten sich au auf geringere Abmessungen. An den Strängen mit d endgültigen Spleißanzahl zeigte sich eine um 5 bis 6 v geringere Zerreißfestigkeit, als sie theoretisch nach d Summe der Einzeldrähte sich ergeben müßte. Die Au bildung einer solchen Drahtverbindung geht aus Abb. hervor. Einzelversuche an den Spleißstellen ergaben n 2 bis 3 vH Verringerung der Bruchfestigkeit des Dra tes. Diese Spleiße der 4,98 mm dicken Drähte besteh aus einer Art Spannschloß, das auf die gegen Aufdreh schräg abgeschnittenen, mit entsprechendem Gewinde ve sehenen Drahtenden aufgeschraubt ist.

Die Zweifel über Sicherung gegen Rostangrif im Innern der Kabel führten zu einer genauen Unte suchung der seit 47 Jahren im Verkehr beanspruchte Einzeldrähte der Brooklynbrücke, sowie der früher e wähnten anderen großen Kabelbrücken[2]). Sie haben nic den geringsten Rostansatz gezeigt, obgleich die Kabel d Williamsburgbrücke nicht galvanisch verzinkt ware Ferner gab die Ansicht, daß die Hauptkraftübertragu auf der äußeren Drahthaut stattfinde, die also durch d Rostangriff zuerst zerstört wird, zu Versuchen mit a mählich von 4,8 mm bis hinunter auf 2,5 mm Dmr. abg drehten Drähten Anlaß, die alle dieselbe Zerreißspa nung zeigten und diese Ansicht als nicht stichhaltig e wiesen.

Des weiteren wurde durch Versuche festgestellt, d beim Zusammenpressen der Drähte mit 76,7 t Kabel in der Querrichtung, was etwa dem 1½fachen B trag entsprach, der bei den Sattelauflagern der Türn tatsächlich vorhanden ist, eine Verminderung der Bruc festigkeit von nur 1 bis 2 vH eintrat. Zerreißversuc mit den über eine Schleife von 45,7 m Hmr. abgebogen Strängen, der Abbiegung über dem Verankerungstur entsprechend, haben dagegen überhaupt keine Vermi derung der Bruchlast gegenüber dem geradlinig bis zu Bruch gezogenen Kabel gezeigt. Schließlich wurde no eine Abnahme der Bruchfestigkeit von 11 vH für d

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1401.

Abb. 18. Versuchskabel vor der Zusammendrückung (größter Durchmesser 90 cm)

Abb. 19. Versuchskabel nach der Zusammendrückung (Durchmesser 76 cm)

iber einer Kabelschelle von 81,28 cm Dmr. um 180° abgebogenen gedrillten Hängeseile nachgewiesen. Das ist für lie Ausbildung der Verbindung mit dem Hauptkabel maßgebend, Abb. 17.

Von besonderer Wichtigkeit erscheinen die Versuche iber die Biegsamkeit eines Kabels mit großem Querchnitt. Dabei ist festgestellt worden, daß ein Stück les Versuchkabels mit 10 t Belastung eine 15mal so große Durchbiegung ergab, als die theoretische Durchbiegung eines gleichbelasteten Balkens mit demselben Kreisquerschnitt und derselben Länge betragen würde. Der für die Nebenspannungen im Kabel bei Annahme eines solchen Balkens mit 10 vH der Hauptspannungen n Rechnung gesetzte Betrag wird also keinesfalls erreicht werden.

Um den für das Passen der Kabelschuhe außerordentlich wichtigen genauen Durchmesser des Kabels nach dem Zusammenpressen mit 6 hydraulischen Winden von 30 t, genau wie beim späteren Bauvorgang, festzustellen, wurde das Versuchkabel, Abb. 18 und 19, ebenso zusammengepreßt und durch Druck von 70 kg/cm² der Durchmesser von 90 cm auf den endgültigen Durchmesser von 76 cm verringert.

Besonders lehrreich sind endlich noch die Versuche iber das Abgleiten der zur Ausführung kommenden Kabelschellen, das bei einer Belastung von 86 t einsetzte, Abb. 20. Der so ermittelte vierfache Wert (60 vH) gegenüber dem nur mit 15 vH angenommenen Reibungswiderstand stellt ein sehr wichtiges Ergebnis dar, weil bei einigen älteren Brücken ein Gleiten der Kabelschellen in der Nähe der Türme tatsächlich eingetreten ist. Ein gewisses Aufbauchen des Kabels neben den stark angepreßten Schellen scheint dieses sehr günstige Ergebnis hervorgerufen zu haben.

Als letztes Versuchsergebnis sei erwähnt, daß die Elastizitätszahlen der Einzeldrähte höchstens um 5 vH voneinander abweichen und somit ihre Spannung um keinen größeren Betrag im Rahmen der Gesamtbeanspruchung des ganzen Kabelquerschnittes anwachsen wird, eine durchaus zulässige Überschreitung.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die Verlegung der Kabel letzten Endes selbst auch die oft angezweifelte Möglichkeit der einwandfreien Herstellung solch großer Kabeldurchmesser bewiesen hat. Ein weiteres Eingehen vor allem auf die einzelnen Versuchsanordnungen würde hier jedoch zu weit führen. Wie die Versuche bei der Brückenkonstruktion verwertet worden sind, geht aus der später folgenden Beschreibung hervor.

Abb. 20. Bestimmung des Reibungswiderstandes einer Kabelschelle an dem Versuchskabel

Kabelquerschnitt

Der Querschnitt der Kabel von 76 cm Dmr. ist in folgender Weise zusammengesetzt: Der verzinkte Kabeldraht ist gezogen aus einem im offenen Herd gewonnenen Stahl mit nicht mehr als 0,85 vH Kohlenstoff, 0,04 vH Phosphor und 0,04 vH Schwefel, einer Bruchfestigkeit von 15 050 kg/cm², Dehnung 4 vH auf 25,4 cm und einer Streckgrenze von 10 080 kg/cm². Jedes Kabel besteht aus

Abb. 21 bis 27. Normale Kabelschelle

61 Strängen mit je 306 Drähten von 4,98 mm Dmr., also **insgesamt 18 666 Drähten**. Der Halbmesser der Biegung des Kabels über den Sattelauflagern der Türme beträgt 4877 mm bei einem Auflagerdruck von 28,5 bis 50 t/m Draht.

Das Pfeilverhältnis ist in der Mittelöffnung rd. 1/9, in den Seitenöffnungen rd. 1/24. Die Abweichung des Neigungswinkels des Kabels bei der ungünstigsten Durchbiegung von Versteifungsträger und Turm beträgt nicht mehr als 1°.

Die **Aufhängung der Fahrbahn** erfolgt durch Drahtseile von 56,5 mm Dmr., und zwar an jedem Knotenpunkt durch vier solcher Seile, die in je zwei Schlingen von 81,3 cm Dmr. über die Kabelschellen geführt sind. Als Werkstoff ist derselbe Stahl verwendet wie bei den Hauptkabeln. Fünf Stränge, bestehend aus je 37 Drähten, sind um eine Seele von sieben Strängen aus je sieben Drähten angeordnet. Jedes Seil von 5,71 cm Dmr. muß gemäß der Ausschreibungsbedingung eine Last von 181 t über eine Schelle mit 81,28 cm Dmr. eine solche von 172 t aufnehmen können.

Abb. 28 Unteres Ende eines Aufhängeseiles

Aus Abb. 21 bis 27 ist die Ausführung einer Kabelschelle, deren aufgerauhte Innenfläche durch Bolzen aus hochwertigem Stahl auf die Hauptkabel gepreßt werden, ersichtlich. Abb. 28 zeigt die mit Zink ausgegossene Verdickung der Aufhängeseile am unteren Ende und Abb. 29 die Ausbildung über den Hauptkabeln.

Kabelverlegung

Das Endziel der Montage ist, gemäß der Voraussetzung zu der statischen Berechnung die endgültige Parabelform der Kabel bei voller Eigengewichtbelastung und normaler Temperatur herzustellen, um für diesen einen Belastungsfall einen spannungslosen Versteifungsträger zu erhalten. Da die Kettenlinie des fertig gesponnenen, unbelasteten Kabels bei Normaltemperatur in der Mittelöffnung **einen 2,13 m kleineren Stich** als die ob erwähnte Parabel aufweist, mußte das Spinnen nach ein unter Berücksichtigung des wachsenden Kabeleigeng wichtes und der Kabellänge, Turmspitzenverschiebun Turmzusammendrückung und der jeweiligen Temperat genau zu bestimmenden, entsprechend höher als die en gültige Parabel liegenden Kettenlinie erfolgen. Die Abb. 30 dargestellten Kurven zeigen das Ergebnis dies umfangreichen Berechnung. Sie stellen (unter der fo

Abb. 30. Turm- und Kabeldurchbiegung für verschiedene gleichmäßig verteilte Lasten

— — — Turmverbiegung
——— Kabeldurchbiegung in Mitte Seitenöffnung
—·—·— Kabeldurchbiegung in Mitte Hauptöffnung
○ Wirkung der Versteifungsträger und der Türme berücksichtigt
△ Wirkung der Türme berücksichtigt
□ Wirkung der Versteifungsträger und der Türme nicht berück sichtigt
(Alle Kabeldurchbiegungen sind von der höchsten Eigengewicht last-Durchbiegung aus abgetragen)

Abb. 29. Ausbildung der Tragseile über dem Hauptkabel

Abb. 34. Auflegen des Holzbelages für die Fußstege auf die behelfsmäßig aufgespannten Hängeseile

schreitenden Belastung während des Brückenbaues und unter Verkehrsbelastung) nach dem oberen, wagerechten Maßstab die Kabeldurchbiegungen gegenüber der vorgenannten Normallage und nach dem unteren wagerechten Maßstab die Turmverbiegung dar. Die günstigste Beanspruchung des Turmquerschnittes wird, wie schon erwähnt, erhalten, wenn sich die Turmspitze 12,7 cm landeinwärts von der Lotrechten aus gemessen bei voller Eigengewichtbelastung und normaler Temperatur befindet.

Für das unbelastete Kabel bei normaler Temperatur ergibt sich dann eine Turmspitzenabweichung von 45,7 cm landeinwärts. Beim Einlegen eines fertig gesponnenen Stranges in die Aussparungen der Kabelauflager mußte daher, um einen Teil dieser Verschiebung zu erzwingen, eine bestimmte Stranglänge aus der Seitenöffnung in die Mittelöffnung entgegen der normalen Gleichgewichtslage hinüber gezogen werden. Die Horizontalkraft durch diese Verschiebung durfte nicht über 9 vH der Strangreibung anwachsen, um ein Zurückgleiten zu verhindern. Aus diesem Grunde und um auch vor allem die Höhenlage des Kabelbausteges in Anpassung an die verschiedenen Seilkurven beim fortschreitenden Spinnen nicht verändern zu müssen, wurden daher die Turmspitzen um einen Teil dieser 45,7 cm betragenden Gesamtverschiebung, und zwar um 28 cm, durch besondere Seile und Winden vom Landwiderlager aus zurückgezogen.

Sämtliche Niete, auch für die Teile aus hochwertigem Stahl, bestanden aus einem weichen Stahl von rd. 3900 kg/cm² Bruchfestigkeit. Damit sie auf ihrem langen Transportwege noch genügend heiß in das Turminnere gelangten, wurden sie mit einer Art Rohrpostanlage befördert.

Nachdem am 6. Januar 1922 die eigentlichen Bauarbeiten begonnen und in diesem Baujahr die Gründungsarbeiten ausgeführt wurden, fand 1923 die Aufstellung der Haupt- und Kabelumlenktürme statt, so daß 1924 die Kabel gesponnen und 1925 die Versteifungsträger vorgestreckt werden konnten. Hier sei von den Arbeiten vor Verlegung der Kabel nur die Aufstellung der Haupttürme mit Hilfe eines besonders dafür konstruierten Kriechkranes (creeper traveller) erwähnt, der nur sechs verschiedene

Abb. 31. Beginn der Aufstellung

Abb. 33. Aufbau der schrägen Umlenkpfosten auf den Ankerpfeilern mit der behelfsmäßigen rückwärtigen Absteifung

Abb. 32. Aufstellung der Haupttürme mittels sogen. Kriechkranes

Abb. 35 und 36. Bausteg mit Sturmseilen

Abb. 37 bis 39. Verbindungsbrücke zwischen den Baustegen

Stellungen für den Turm erforderte, Abb. 31 und 32; ebenso der Aufbau der Kabelumlenktürme, die mit Behelfsgitterstäben, Abb. 33, nach rückwärts abgestützt werden mußten. Die Spitzen der Haupttürme sind mit Hilfe von zwei hydraulischen 40 t-Pressen um den vorher erwähnten erforderlichen Betrag von rd. 28 cm zurückgezogen worden. Die vier Rückzugseile von 5,7 cm Dmr. wurden mit je 59,8 t beansprucht.

Danach wurden die ersten Seile, die später für die Hängeseile benutzt sind, zur Aufnahme des Bausteges ausgelegt und auf diesen Seilen, von denen je drei auf einer Seite zusammengelegt waren, der Holzbelag des Fußsteges von den Haupttürmen aus vorgestreckt, s. Abb. 34 auf S. 148 und Abb. 35 und 36

Drei Querverbindungsbrücken in der Mittelöffnun und je eine in den Seitenöffnungen, Abb. 37 bis 3 aus Holzfachwerkträgern sowie polygonal parabe förmig nach unten offene, mit Justiervorrichtung ve sehene Sturmkabel dienten zur Senkrecht- und Querve steifung der Baustege für Wind und einseitige Betrieb lasten. Die Sturmkabel, Abb. 35, wurden mit 4,5 t je Se vorgespannt. Nun konnte das sorgfältige Einhängen un Ausmessen der sogenannten Meßdrähte für die Hauptkab erfolgen, nach deren Durchhang die Lage der zu spi nenden Einzeldrähte bestimmt wurde. Von der Genaui keit der äußerst wichtigen Verlegung de Drähte hängt es ab, wie weit die bei vollem Eigengewic und normaler Temperatur erstrebte endgültige Parabelfor der Gesamtkabel von der wirklich erzielten Form abweich

In Abb. 40 und 41 sind die bei der Aufstellung erforde lichen Durchhänge für verschiedene Temperaturen un Turmdurchbiegungen zur dauernden Nachprüfung der g sponnenen Drähte und Stränge dargestellt. Mit fortschre tendem Spinnen mußten auch die Längen dieser Meßdräht entsprechend der Längenänderung der einzelnen Sträng ebenfalls geändert werden. Der eigentliche Spinnvorgan verlief folgendermaßen: Von den etwa 27,4 km Drahtläng enthaltenden Trommeln war eine Schleife über das so genannte Spinnrad gelegt. Dieses Spinnrad hängt, wi auch bei den älteren Ausführungen von Kabelbrücken[3]) an einem endlosen Laufseil, das unter Rahmen läuf die auf den Baustegen aus Holz und über den Haupt und Umlenktürmen aus Stahl konstruiert sind, wie aus de Titelbild, S. 145, zu erkennen ist. Abb. 42 zeigt, wie m einem Spinnrad zwei Drähte für einen Strang von eine Ufer zum andern gezogen werden. Da an einem endlose Seil je eine Spinne von beiden Ufern aus in jeder Richtun

[3]) Z. Bd. 48 (1904) S. 1213 u. f.

Hauptöffnung

Seitenöffnung

Abb. 40 und 41. Beziehungen zwischen Turmdurchbiegung (landeinwärts) und Temperatur in Kabelmitte

läuft und für jedes Kabel ein endloses Seil arbeitet, können acht Drähte (also an vier Strängen gleichzeitig) gesponnen werden, Abb. 43. Das Hinüberziehen von acht Drähten für die vier Stränge und Abgleichen an den vier Meßseilen nahm etwa 8 bis 10 min in Anspruch. Die Fortschritte, die in der Geschwindigkeit der Kabelherstellung gemacht worden sind, gehen aus der Zusammenstellung, Zahlentafel 1, besonders deutlich hervor.

Zahlentafel 1. Fortschritte in der Geschwindigkeit der Kabelherstellung

Brücke	Zahl der Kabel	Zahl der Einzeldrähte	Kabelgesamtgewicht t	Herstellung des Bausteges Monate	Herstellung des ganzen Kabels Monate	Größtes versponnenes Drahtgewicht t/Tag
Brooklyn . . .	4	5 358	3500	10	21	19,5
Williamsburg .	4	7 696	4500	7	7	76
Manhattan . . .	4	9 472	6300	4	4	130*)
Bear Mountain .	2	7 252	1900	$1^2/_3$	$2^1/_2$	70
Delaware . . .	2	18 666	6500	$3^1/_3$	5	100

*) An der Manhattanbrücke konnte im Gegensatz zur Delawarebrücke an vier Kabeln gleichzeitig gearbeitet werden, wodurch sich die nur scheinbar höhere tägliche Leistung ergibt

Abb. 42. Das Spinnrad läuft über einen Hauptturm

Abb. 45. Einheben eines fertigen Stranges in das Hauptturm-Sattelauflager

Abb. 43. Vier Stränge eines Kabels, die gleichzeitig gesponnen werden

Sobald ein Strang von 306 Drähten fertig gesponnen war, wurde er alle 60 cm durch Bandeisen zusammengeschnürt; dann mußten die Schuhe an den Auflagern um 90° gedreht und nach nochmaligem genauen Längenausgleich durch entsprechende Ausgleichplatten, die bis zu 24,8 cm Längenunterschiede ausmitteln konnten, in ihrer endgültigen Lage mit Hilfe von hydraulischen 60 t-Winden mit den Verankerungsaugenstäben verbunden werden, Abb. 44. Gleichzeitig wurden ebenfalls mittels hydraulischer Winden an den eisernen Jochen der Haupt- und Umlenktürme die Stränge in die entsprechenden Aussparungen ihrer Auflager gelegt, Abb. 45.

Bei der Bestimmung der Ausgleichplatten war die Abschätzung der Kabeltemperatur zuverlässig nur nach einer längeren Zeitdauer mit bewölktem Himmel möglich. Die einseitige Sonnenbestrahlung führte dazu, daß die am höchsten gelegene Stranglage durch ihre Verlängerung die unteren Lagen auseinanderdrückte und den Bausteg stark verengte, so daß Holzschablonen, um die bereits gesponnenen unteren Stränge in der Sechseckform zu halten, angebracht werden mußten, Abb. 46. Nachdem sämtliche 61 Stränge endgültig eingeregelt waren, wurde mit dem Zu-

Abb. 44. Endgültige und vorläufige Lage der Strangschuhe am Widerlager

Abb. 46. Behelfsmäßige Holzrahmen zum Zusammenhalten des jeweils fertigen Stranges

Abb. 47. Zusammenpressen und behelfsmäßiges Bandagieren des fertig gesponnenen Kabels

sammenpressen begonnen, Abb. 47. Dieses bei der Bear Mountain-Brücke zuerst erfolgreich angewandte Verfahren des Zusammenpassens des fertig gesponnenen Kabels (statt wie früher jedes einzelnen Stranges) aus der sechseckigen in die endgültige kreisrunde Form erst nach Verlegen sämtlicher Stränge bedeutet einen Fortschritt und weitere große Zeitersparnis. Bis zu der viel später vorgenommenen Umwicklung des Kabels zwischen den Schellen mit einem 0,4 mm dicken, zweifach verzinkten weichen Eisendraht wurde das zusammengepreßte Kabel durch einige Windungen 0,7 mm dicken Drahtes in Abständen von etwa 60 cm, Abb. 47, zusammengehalten, die in Aussparungen in den Kabelschellen paßten. Nun konnte die Last des Bausteges von den bisher benutzten vorläufigen Kabeln auf d Hauptkabel übertragen und die Kabelschellen aufgeschrau werden. Die jetzt freigewordenen Steg- und Sturmkab wurden als Hängeseile auf ihre unter Berücksichtigu sämtlicher Formänderungen genau zu berechnende Län abgeschnitten und über die Schellen gelegt, nachdem ih Enden mit den erforderlichen Verdickungen versch waren, vergl. Abb. 28. Der endgültige, später zu beschr bende Höhenausgleich des Versteifungsträgers erfolg dann ähnlich wie bei dem vorher erwähnten Längenau gleich der Hauptkabelstränge durch Unterlagplatten, d bis 13 cm Höhenunterschied vermittelten. [B 2016]

(Forts. folgt.)

Wilhelm Beumer †

Mit Dr. Wilhelm Beumer, der am 29. Dezember 1926 in einem Hamburger Krankenhaus im Alter von 78 Jahren verschieden ist, ist einer der eifrigsten und verdienstvollsten Vertreter der rheinisch-westfälischen Industrie, insbesondere des deutschen Eisenhüttenwesens, dahingegangen. Als Philologe, der auch Volkswirtschaft getrieben hatte, war er fast 15 Jahre lang als Oberlehrer in Wesel und Witten a. d. Ruhr tätig. Hier, wo Harkort gelebt und gewirkt hatte, war ihm Gelegenheit gegeben, den Niedergang der deutschen industriellen Wirtschaft in den 70er Jahren zu beobachten, und daraus erwuchs in ihm die Lebensaufgabe, sich für den Schutz der nationalen Arbeit im Bismarckschen Sinn einzusetzen. 1887 wurde er in die Geschäftsführung des Vereines zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen in Rheinland und Westfalen und der Nordwestlichen Gruppe des Vereines deutscher Eisen- und Stahlindustrieller berufen und übernahm zugleich die Schriftleitung des wirtschaftlichen Teiles der Zeitschrift „Stahl und Eisen".

Mit wissenschaftlicher Gründlichkeit und großer Zähigkeit setzte sich Beumer für die ihm anvertrauten wirtschaftlichen Interessen in Wort und Schrift ein, vor allem erkannte er die Bedeutung der Zoll- und Handelspolitik für die Entwicklung und das Wohlergehen der Industrie, zugleich aber auch die enge Verbundenheit, die gerade in diesen Fragen zwischen Industrie und Landwirtschaft in Deutschland bestehen muß, um einen wirksamen Schutz der nationalen Arbeit durchzuführen. In den Jahren 1901 bis 1907, also Zeiten des Kampfes um den Zolltarif und die Handelsverträge, gehörte er dem Reichstage an; bereits früher, 1893, war er in das Preußische Abgeordnetenhaus gewählt worden, dem er bis zur Nachkriegszeit als Mitglied der nationalliberalen Partei angehört hat. Dabei hatte er nicht nur Gelegenheit, sich für eine ausgleichende Tarifpolitik der preußischen Staatsbahn einzusetzen, welches Ziel er auch als Mitglied des Eisenbahnrates und als Mitglied der Rheinschiffahrts-Kommission verfolgte, sondern die parlamentarische Tätigkeit ließ ihn auch zum Vorkämpfer für die Gedanken der Schulreform und zu einem erfolgreichen Vertreter der Bedürfnisse und Wünsche des technischen Schulwesens werden.

Seine Stellung in der rheinisch-westfälischen Industr und in der deutschen Eisenindustrie machte ihn zum g schätzten und führenden Mitarbeiter in zahlreichen wi schaftlichen Vereinigungen und Körperschaften, insbeso dere im Zentralverbande deutscher Industrieller und dess Nachfolger, dem Reichsverbande der Deutschen Industri in deren Verhandlungen er sich mit dem ganzen Gewic seines Wissens, seiner Redegabe und seinem Temperame für die von ihm als richtig erkannten wirtschaftlich Grundsätze einsetzte. Bei seinen allseitigen volkswirtscha lichen Kenntnissen, frei von einer Übertreibung der ih anvertrauten Sonderinteressen, blieb er stets bemüht, zw schen diesen und ihnen entgegenstehenden Interessen ein beide Parteien befriedigenden Ausgleich zu finden. So i er häufig der ehrliche Makler zwischen der Eisen schaffe den und Eisen verarbeitenden Industrie gewesen, wie d Achtung und Verehrung beweist, die ihm in dem Spitze verbande des deutschen Maschinenbaues, im Verein Deu scher Maschinenbau-Anstalten, bis an sein Lebensende en gegengebracht wurde. Diese Wertschätzung und Verehrun fand u. a. seinen Ausdruck darin, daß der Verein deutsch Eisenhüttenleute ihm 1912 die Carl-Lueg-Denkmünze ve lieh und ihn 1924 zu seinem Ehrenmitglied ernannte, als als 76jähriger sein Amt niederlegte. Die Technische Hoc schule Aachen würdigte seine Verdienste um die Eise industrie durch Ernennung zum Doktor-Ingenieur Ehr halber.

Ihm war die Gabe der Rede eigen, und besonderer B liebtheit erfreuten sich seine Festreden, in denen er Bi marckschen Geist bei seinen Zuhörern zu entfachen ve stand und die in späteren Jahren durchsetzt waren vo feinem Humor nach Wilhelm Raabe. Nicht minder belie war er im Kreise seiner Kollegen, der Geschäftsführer wir schaftlicher Verbände, denen er so manches Mal seine Lehrer, Vorgesetzten und Freund H. A. Bueck als Vo bild hinstellte, und denen er selbst in seinem unverwüs lichen Idealismus und seiner gründlichen Sachlichkeit ei unvergängliches Vorbild war, eine Persönlichkeit, die wu zelte in tiefer, echter Heimatliebe und die aufging in u ermüdlicher Arbeit für das, was sie als Recht erkan hatte. [N 12]

Berlin Fr. Frölich

Laboratorium für Hebezeuge und Pumpen der Technischen Hochschule Hannover

Von Geh. Reg.-Rat Professor L. Klein

Beschreibung des im Jahre 1923 fertiggestellten Laboratoriums. — Untersucht werden Flaschenzüge, Winden, Krane, Schneckenräder, Lager, Ventile, Kreisel- und Kolbenpumpen, die auf gemauerte Fundamente oder große Versuchsplatten gesetzt werden. Zum Antrieb dient Muskelkraft, Dampf, elektrischer Gleich- und Drehstrom verschiedener Spannung und Druckwasser. — Die Energien, Geschwindigkeiten, Wassermengen, Druckhöhen werden durch ablesbare und aufschreibende Meßvorrichtungen bestimmt. — Zusammenstellung von Versuchen, die im Laboratorium ausgeführt werden.

Schon in dem „Technischen Versuchsraum", der 1878 beim Ausbau des Welfenschlosses zur Technischen Hochschule Hannover besonders auf Betreiben Rühlmanns eingerichtet und seit 1880 von Frese geleitet wurde, sind an Hebezeugen (Flaschenzügen, Zahnstangen, Schrauben- und Trommelwindwerken) Versuche gemacht worden, da man bei ihnen den Arbeitsdurchgang und die dabei auftretenden Verluste klar übersehen und leichter verfolgen kann als bei Wärmekraftmaschinen.

Aus diesen Gründen hatte sie auch Frese 1896 in sein „Maschinen-Ingenieur-Laboratorium"[1]) aufgenommen. Beim Neubau der Laboratorien in Hannover 1920 ist den Hebezeugen zusammen mit den Wasserhebemaschinen eine besondere Abteilung zugewiesen worden.

Der südöstliche Teil der großen Halle von 25 m Länge und 7 m Breite dient im Keller- und im Erdgeschoß der Untersuchung von Förderanlagen, insbesondere von Hebezeugen und Pumpen, Abb. 1 bis 5. Außerdem sind für den Professor, die Assistenten, den Werkmeister und den Hilfsschlosser drei Arbeitsräume vorhanden.

Das Laboratorium soll in erster Linie dem Unterricht dienen. Die Studierenden sollen die Größe und Veränderlichkeit der Verluste, der Wirkungsgrade, der Güte der Maschinen, deren Kenntnis der erste und wichtigste Schritt zu ihrer Bewertung und Verbesserung ist, feststellen lernen. Zweitens soll es die Möglichkeit bieten, Maschinen und Apparate der Industrie zu untersuchen, was häufig auch dem erstgenannten Zweck zugute kommt, weil wiederholt Maschinen nach ihrer Prüfung dem Laboratorium zu Unterrichtszwecken überlassen worden sind. In dritter Linie können wissenschaftliche Untersuchungen, Doktor- und sonstige Forschungsarbeiten durchgeführt werden. Auch dieser Zweck hat sich wiederholt mit den beiden erstgenannten vereinigen lassen.

Als Mittel zur Erreichung dieser Ziele ist eine Anzahl von Maschinen, Apparaten und Meßvorrichtungen, teils ortfest, teils auf den zwei Versuchplatten a_1 und a_2 und dem Versuchgerüst b aufgestellt, Abb. 1 bis 3.

Energie-Zufuhr und -Verteilung

Energie erhält das Laboratorium von dem in demselben Gebäude befindlichen Kraft- und Heizwerk der Hochschule als Dampf oder elektrischen Strom. Dieser wird gewöhnlich als Gleichstrom von 220 und ausnahmsweise von 110 bis 350 V Spannung im Höchstbetrag von 100 kW durch vier Bleikabel von je 120 mm² Querschnitt an den Hauptschalter c im Keller des Laboratoriums geliefert, Abb. 3 und 5. Außerdem kann Drehstrom von 110 V Spannung aus der städtischen Leitung entnommen werden.

Von dem Hauptschalter führen Leitungen nach vier Schalttafeln c_1 und c_2, Abb. 1 bis 3, von denen c_2, Abb. 1, fahrbar ist. Sie sind so im Laboratorium verteilt, daß jede Stelle durch ein verhältnismäßig kurzes biegsames Kabel erreicht werden kann. An ihnen sind Präzisionsmeßgeräte angebracht. Der gesamte, dem Laboratorium zugeführte Strom wird an der Hauptschalttafel des liefernden Kraft- und Heizwerkes gemessen.

Elektromotoren zum Betriebe der zu untersuchenden Maschinen sind in elf verschiedenen Größen von 0,06 bis 30 kW Leistung bei 480 bis 3000 Uml./min vorhanden. Von ihnen ist der zum Antrieb der Wellenleitung dienende Motor d, Abb. 3 und 4, ortfest. Die andern können an jeder Stelle des Laboratoriums, insbesondere auf den beiden Versuchsplatten a_1 und a_2 aufgestellt, durch biegsame Kabel an das Stromnetz angeschlossen und mit Arbeitsmaschinen unmittelbar oder über Vorgelege verbunden werden. Besonders der 25 kW-Motor ist vielseitig verwendbar, weil sich seine Drehzahl in weiten Grenzen von 480 bis 2000 Uml./min regeln läßt.

Den Dampf erhält das Laboratorium aus einer einzölligen bis zum Pulsometer e, Abb. 1 und 3, im östlichen Teil des Kellers durchgehenden Leitung. Druckluft kann in geringen Mengen mit Hilfe der vorhandenen Wasserpumpen hergestellt oder von der Kompressor-Anlage des Nachbarlaboratoriums geliefert werden. In beiden Fällen wird sie in dem großen Windkessel f, Abb. 1, 2 und 5, gesammelt. Heiz- und Leuchtgas wird im Bedarfsfalle der im Keller liegenden Leitung entnommen.

Druckwasser liefern die eigenen Pumpen und die städtische Wasserleitung. Aus dem im Keller aufgestellten Eisenbeton-Saugwasserbehälter g, Abb. 1, 3 und 5, von 50 m³ Inhalt, fördern es die Pumpen in die Druckleitung h, Abb. 1 bis 3 und 5, die im Keller liegt und als wagerechter liegender Ring ausgebildet ist, auf dem ein in das Erdgeschoß hinaufragender senkrechter Ring steht. Sie hat genügend Anschlußstutzen, Absperrschieber, Blind- und Lochflansche, sowie Abzweigleitungen nach den Wassermeßvorrichtungen, der städtischen Wasserleitung, dem Windkessel, dem Hoch- und Saugbehälter und über diesen nach der Kanalisation.

Mechanische Energie wird von dem 30 kW-Motor d, Abb. 3 und 4, erzeugt und durch eine im Keller verlegte Wellenleitung verteilt. Mit Riemen arbeitet der Motor auf die an der Kellerdecke hängende Welle i_1, Abb. 1 und 4, und diese über einfache oder Stufen-Riemenscheiben unmittelbar oder über das aus dem früheren Laboratorium übernommene Rietersche Zahndruck-Dynamometer k, Abb. 3, auf die auf Betonsockeln liegende Welle i_2, Abb. 1, 3 und 4. Die kurze Welle i_3 auf der Versuchsplatte a_1, Abb. 1 und 2, im Erdgeschoß hat freitragend zwei auswechselbare Riemenscheiben und ermöglicht, die Maschine auf dieser Versuchsplatte mit 30 bis 3000 Uml./min laufen zu lassen.

Die Wellenleitung ist durch Reibkupplungen l, Abb. 1 und 3, so unterteilt, daß nicht mehr mitläuft als für den augenblicklichen Zweck notwendig ist.

Meßvorrichtungen

Das Laboratorium ist für die Übungen mit den Studierenden nach Möglichkeit nur mit neuen Maschinen eingerichtet, die von der Industrie, teilweise nur vorübergehend, zur Verfügung gestellt worden sind.

Zwar werden dadurch die Vorbereitungen für die Versuche umfangreicher, aber die Studierenden lernen stets neue und gute Maschinen kennen, und das Laboratorium wird nicht mit alternden Maschinen gefüllt. Auf diese Weise wurden die dem Laboratorium zur Verfügung stehenden Mittel zur Beschaffung von Meßvorrichtungen frei.

Für die Bestimmung elektrischer Energien sind einfache und Präzisions-Strom- und -Spannungsmesser, auch aufschreibende, beschafft worden. Besonders brauchbar ist die fahrbare Schalttafel c_2, Abb. 1, mit ihren Meßgeräten und Anlaßwiderständen, weil sie an jede zu untersuchende Maschine herangefahren werden kann.

Zum Messen mechanischer Energien, der Kräfte und Geschwindigkeiten dienen folgende Meßgeräte:

Für Kräfte: Eine schon von Rühlmann[2]) beschaffte, später verbesserte dynamometrische Kurbel, die

[1]) Z. Bd. 44 (1900) S. 201.

[2]) Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre I. Bd., 2. Aufl., S. 227.

die an Kurbelwindwerke abgegebene Kraft während vierzehn Umdrehungen selbsttätig aufschreibt. Durch Einbau verschieden starker Federn kann sie der Kraft angepaßt werden.

Das von Frese gebaute Dynamometer[3]) hat eine durch ein Uhrwerk getriebene Papiertrommel und leistet als aufschreibende Federwage zur Bestimmung der Zugkräfte, besonders von Haspelketten, recht gute Dienste. Durch Riemen übertragene Kräfte können durch das Rietersche oder das Batschelder sche Dynamometer gemessen werden. Sie sind aus dem früheren Laboratorium[3]) übernommen, werden aber nicht mehr viel benutzt, weil die elektrische Arbeitsmessung wesentlich einfacher ist.

Bremskräfte werden durch einfache Seilbremsen bestimmt. Spannungen im Innern von Pumpen und ähnlichen Maschinen, unter und über den Ventilen sowie in den Saug- und Druckwindkesseln werden durch Indikatoren, Saug- und Druckhöhen durch Quecksilbermanometer oder auch durch Indikatoren gemessen. Zur Bestimmung von Druckunterschieden sind Druckunterschiedmesser und ein Druckunterschiedindikator eigener Bauart[4]) vorhanden.

Zur Bestimmung der absoluten und minutlichen Drehzahlen oder Hübe sind Umdrehungszähler, Hubzähler, Stoppuhren, tragbare und ortfeste Geschwindigkeitsmesser, darunter auch ein Normal-Ferntachometer von Stepper & Co., Hamburg, vorhanden. Es ist dies im wesentlichen eine kleine Unipolardynamo, deren Anker von der zu untersuchenden Maschine angetrieben wird und in einem homogenen Feld läuft, so daß die Spannung des erzeugten Stromes, die auf einem beliebig weit entfernten Voltmesser abgelesen werden kann, ein Maß für die Drehzahl in 1 min. ist.

Der Unterschied zweier Druckgeschwindigkeiten, wie er z. B. durch das Gleiten in Bremskupplungen eintritt, wird auf stroboskopische Art gemessen. Durch Schlitze in der sich mit der einen Welle drehenden Scheibe werden Striche auf der Scheibe der andern Welle beobachtet. Ihr Vor- und Nacheilen kann so unmittelbar erkannt werden.

Die Zeitdauer einzelner Vorgänge wird durch einen Chronographen gemessen, bei dem ein Papierstreifen mit gleichbleibender Geschwindigkeit von einer Trommel abgezogen und auf ihn alle halben oder ganzen Sekunden eine Marke aufgezeichnet wird. Der zu untersuchende Arbeitsvorgang wird durch elektrische Kontakt- oder andre Schreibstifte ebenfalls auf den Papierstreifen aufgezeichnet. Sein zeitlicher Verlauf ist dann durch die Zeitmarken festgelegt. Ähnliche Zwecke erreicht ein kleiner Drehstrom-Synchronmotor, der von einer Trommel durch Gummirädchen einen Papierstreifen abzieht, auf den ebenfalls Zeitmarken und die zu untersuchenden Arbeitsvorgänge, z. B. in Form von Indikatordiagrammen, aufgeschrieben werden.

Die Fahrgeschwindigkeit des Laufkrans wird mit Hilfe von elektrischen Kontakten bestimmt, die in Abständen von je 1 m an der Kranbahn angebracht sind, vom fahrenden Kran geschlossen werden und dadurch einen Schreibstift auf den vom Chronographen ablaufenden Papierstreifen drucken.

Zur Bestimmung von Wassermengen sind vorhanden: der Saugbehälter g, Abb. 1, 3 und 5, von 50 m³ Inhalt, zwei Meßgefäße m_1 und m_2, Abb. 1 bis 3 und 5, von je 2 m³ Inhalt, denen durch ein schwenkbares Einlaufrohr n, Abb. 5, einen sogenannten Wasserkran, das Wasser abwechselnd zugeführt werden kann. Eines davon ist mit einem Wasserstandglas und einer geeichten Skala ausgerüstet, so daß auch kleinere Mengen gemessen werden können. Mit einer daneben stehenden Wasserrinne o, Abb. 1 und 2, von 0,4 m Breite, 4 m Länge und 0,60 m Tiefe kann man das Wasser, das ihr an dem einen Ende durch ein eintauchendes Rohr zugeführt und durch Einbauten beruhigt wird, am andern Ende durch den Überfall p oder die Düsen q, Abb. 2, messen.

[3]) Z. Bd. 44 (1900) S. 204.
[4]) Dingl. Pol. Journal 1908, S. 291.

Abb. 4

Die Bestimmung der Wassermenge durch Abwiege wird im Dampfkessel-Laboratorium, andre Arten, wi z. B. die Schirmmessung, im Wasserkraft-Laboratoriu vorgeführt. Die Studierenden können so die verschie densten Vorrichtungen kennen lernen. Wichtig is es auch, daß die Zubringerleitung h, Abb. 1 bis und 5, nicht nur durch Absperrschieber, sondern auc durch Blindflansche so unterteilt werden kann, daß di Meßgefäße und die Rinne gleichzeitig und unabhängi voneinander benutzt werden können.

Die Dampfmenge, die der Pulsometer verbrauch wird mittels einer Gehre-Stauscheibe und eines Differentia manometers gemessen.

Zur Belastung der Kleinhebezeuge dienen Schiener und Eisenstücke, die jedesmal bei den Versuchen au

Abb. 5
Querschnitt durch das Erd- und Kellergeschoß

Abb. 1. Aufriß des Erd- und Kellergeschosses

Abb. 2. Erdgeschoß

Abb. 3. Kellergeschoß

a_1, a_2	Versuchsplatten
b	Hebezeug-Versuchsgerüst
c	Hauptschalter
c_1	ortfeste Schalttafeln
c_2	fahrbare Schalttafel
d	ortfester 30 kW-Elektromotor
d_1	2 kW-Elektromotor
d_2	25 kW-Elektromotor
e	Pulsometer
f	Windkessel
g	Saugwasserbehälter
g_1	Gasuhr
h	Ringleitung
i_1, i_2, i_3	Wellenleitungen
k	Rietersches Zahndruck-Dynamometer
k_1	Kreiselpumpe von Amme, Giesecke & Konegen
l	Reibkupplungen
m_1, m_2	Meßgefäße
n	schwenkbares Einlaufrohr
o	Wasserrinne
p	Ueberfall
q	Wasserauslaufdüse
q_1	Quecksilbermanometer
r	Hebelwage
s	Flaschenzug
t	Reibungswage
t_1	Trommelwinden
t_2	Erdwinde
u	Differential-Kolbenpumpe
v	Ventilprüfstand
w	Kreiselpumpe von Gebr. Körting
x	Kreiselpumpe vom Hessen-Nassauischen Hüttenverein
y	Laufkran
y_1	Kranbelastung
z	Hebelbock

einer Hebelwage *r*, Abb. 1 und 3, mit Laufgewicht gewogen werden. Da Belastungsgewichte aus Guß- oder Schmiedeisen für den 10 t-Kran in der Inflationszeit nicht bezahlt werden konnten, wird ein vorhandener stehender runder Kessel y_1 mit veränderlicher Wasserfüllung als Kranbelastung verwendet, Abb. 1 bis 3.

Aufgestellte Maschinen

Hebezeuge

In entgegenkommender Weise hat die Industrie z. T. unter Eigentumsvorbehalt eine Reihe von Hebezeugen geliefert, die abwechselnd untersucht werden. Vorhanden sind an Flaschenzügen ein Elektroflaschenzug *s*, Abb. 1, für 500 kg Belastung von Flohr, Berlin, und ein Schneckenflaschenzug für 1000 kg Belastung von Thofehrn & Co., Hannover-Wülfel. Außerdem sind noch ein Stirnrad- und zwei Schneckenflaschenzüge vorhanden, die aus dem früheren Laboratorium übernommen oder gekauft worden sind.

Auch Trommelwinden, nämlich eine Wand- und eine Bauwinde für je 600 kg Belastung, sind von Thofehrn & Co. zur Verfügung gestellt worden. Gekauft sind zwei Wandwinden, die eine mit Schneckenrad- und die andre mit Stirnradantrieb. Aus dem früheren Laboratorium übernommen wurden eine Megy-Wandwinde für 300 kg Belastung und vier Erdwinden für 900 und 1000 kg Belastung. Drei hiervon haben Schrauben- und eine Zahnstangenantrieb.

Der Laufkran *y*, Abb. 5, beherrscht mit 13,9 m Spannweite und 80 m Fahrbahn die ganze Laboratoriumshalle; er ist von Zobel, Neubert & Co., Schmalkalden, geliefert und mit drei Motoren sowie einer Versuchseinrichtung ausgestattet.

Zur Bestimmung der Wirkungsgrade einzelner Windwerkteile ist von Zobel, Neubert & Co., Schmalkalden, ein Schneckenprüfstand zur Verfügung gestellt. Die Arbeit kann sowohl an der Schnecke als auch am Schneckenrad ein- und am andern Teil ausgeleitet und an beiden Stellen gemessen werden. Auch ist er für Hand- und elektrischen Antrieb in beiden Richtungen mit verschiedenen Geschwindigkeiten brauchbar.

Um die Wirkungsgrade einzelner Teile der Hubwerke festzustellen, sind drei Reibungswagen *t*, Abb. 1 und 2, von Fichtel & Sachs, Schweinfurt, vorhanden, die so umgebaut sind, daß die Größe der Reibung von Zapfen und Wellen in Lagern nicht nur angezeigt, sondern auch gemessen werden kann[5]).

Pumpen. Es war in Aussicht genommen, eine neue größere Differential-Kolbenpumpe aufzustellen; doch mußte hiervon wegen der Geldentwertung abgesehen und die kleine Differential-Kolbenpumpe *u*, Abb. 1 und 2, des Freseschen Laboratoriums[6]) wieder aufgestellt werden, die auch noch sehr gute Dienste leistet. Sie kann mit vier verschiedenen Hüben von 300, 250, 200 und 150 mm, drei verschiedenen Kolbendurchmessern von 125, 95,8 und 53,8 mm und mit bis zu 400 Uml./min laufen und hat Vorrichtungen für die Aufnahme normaler und um 90° versetzter Druck- und Ventilerhebungsdiagramme. Außerdem sind eine Zahnrad-Schmierölpumpe mit 60 mm Stutzendurchmesser aus einem U-Boot und eine kleine Ölpumpe mit zwei Tauchkolben und 60 mm Stutzendurchmesser, ebenfalls aus einem U-Boot, vorhanden.

Zur Untersuchung des wichtigsten Teiles der Kolbenpumpen, nämlich der Ventile, ist mit Unterstützung der Helmholtz-Gesellschaft, der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft und mehrerer Pumpen-Fabriken ein Ventilprüfstand *v*, Abb. 1 und 2, gebaut und aufgestellt worden, der Hub, Güteziffer, Druckverlust, Belastung, Kontraktion und Druckumsetzung von Ventilen bis zu 500 mm Dmr. zu bestimmen gestattet[7]).

Das Wasser wird von einer Kreiselpumpe unten in den Apparat hinein, oben heraus und nach dem mit Wasserstandglas ausgerüsteten Meßbehälter m_1, Abb. 1 bis 3 und 5 geführt. Der Ventilhub wird durch ein Gestänge auf einen Zeigerhebel übertragen, der ihn vergrößert auf einer Skala anzeigt. Die zum Heben (Ventils bei den verschiedenen Hüben notwendige Kr wird abgewogen, indem der Ventilteller im ruhenc Wasser durch ein dünnes Drahtseil, das über eine Ro läuft und mit Gewichten belastet ist, angehoben wi Quecksilber- und Wassermanometer sind so angebrac daß sowohl der absolute Druck wie der Druckuntersch ober- und unterhalb des ganzen Ventiles und einzel Punkte des Ventilringes gemessen werden können.

Außerdem sind acht Kreiselpumpen verschiede Leistung vorhanden, nämlich eine zweistufige Kreis pumpe von 400 l/min Liefermenge und 30 m Förderhö bei 2100 Uml./min und eine solche von 200 l/m Liefermenge und 70 m Förderhöhe bei 2000 Uml./min, (aus Freses Laboratorium übernommen sind; ferner zw Kreiselpumpen k_1, Abb. 3, von Amme, Giesecke & Ko gen, Braunschweig, für 3,6 m³/min Lieferung und 1 Förderhöhe bei 1000 Uml./min, eine Kreiselpumpe Abb. 1 und 2, von Gebr. Körting, Hannover, von 2,7 Liefermenge und 23 m Förderhöhe bei 1000 bis 2 Uml./min, eine selbstansaugende Sihi-Kreiselpumpe v Siemens & Hinsch, Itzehoe, die bei 2850 Uml./min 100 l/m auf 31 m fördert, eine Kreiselpumpe *x*, Abb. 2, v Hessen-Nassauischen Hüttenverein für 1450 Uml./m 1,2 m³/min Liefermenge und 15 m Förderhöhe, eine g kaufte Kreiselpumpe mit eigenem Motor für 1970 Uml./m 0,8 m³/min Liefermenge und 20 m Förderhöhe.

Das Pulsometer *e*, Abb. 1 und 3, mit 80 mm Stutz durchmesser und 200 bis 400 l/min normaler Lieferu ist zunächst vom früheren Laboratorium, dann aber v Gebr. Körting in dankenswerter Weise gegen (neues ausgetauscht worden. Es ist weitgehend mit V suchseinrichtungen zur Abnahme fortlaufender D gramme unter und über den Ventilen, zum Messen u Regeln der Dampf-, Wasser- und Luftmengen, der Tempe turen und Drücke ausgerüstet.

Außerdem können Windkessel in die Leitungen z und abgeschaltet und die Saugleitung verlängert oder v kürzt, ja nahezu gleich null gemacht werden, da das Puls meter im Keller unmittelbar neben dem Saugwasser hälter *g* aufgestellt ist (Doktorarbeit Henschel).

Aufstellung der zu untersuchenden Maschinen

Maschinen mit erheblichen hin- und hergehenden Ma sen können auf der gemauerten Gründung der Differenti Kolbenpumpe aufgestellt werden, die viel größer ist, a für diese Pumpe notwendig gewesen wäre. Maschinen n wenig oder keinen hin- und hergehenden Massen könn auf dem Fußboden im Keller oder im Erdgeschoß Pla finden. Insbesondere eignen sich dazu die beiden V suchsplatten a_1 und a_2 im Erdgeschoß, Abb. 1 und 2, (0,5 m hoch, 3,4 × 4,5 und 2,6 × 3,6 m² groß und mit ein Rost aus halb einbetonierten U-Eisen bedeckt sind. Bei Platten haben Anschluß an den elektrischen Strom, d eine auch an die Wellenleitung. Zur Prüfung von Klei hebezeugen wie Windwerken, Hand- und elektrisch Flaschenzügen ist ein durch Keller und Erdgeschoß gehe des Hebezeuggerüst *b*, Abb. 1 bis 3, in der südöstlich Ecke vorgesehen. Hiermit können die zu untersuchend Rollen oder Windwerke für Lasten bis zu 2000 kg und Hu höhen bis zu 9 m leicht aufgestellt, angehängt oder ang klemmt werden.

Der aus dem früheren Laboratorium übernomme Hebelbock[8]), Abb. 1 und 3, gestattet eine einfache Aufst lung, Belastung und Untersuchung von Erdwinden.

Die Versuche

Alle Versuche, die mit den Studierenden in eine Semester gemacht werden sollen, werden vorher mit d Assistenten durchgeführt, wobei die Erfahrungen frühe Semester, in denen ähnliche Versuche gemacht word sind, berücksichtigt und die Assistenten eingehend vorb reitet werden. Es wird besonders auch darauf geacht daß die Maschinen und die Wellenleitung einige Stund vorher angestellt werden, damit sie bei Beginn des Ve suches im Beharrungszustand sind und die Lager die ric tige Temperatur haben. Auch werden nicht Einzelversuch sondern stets ganze Versuchsreihen durchgeführt, bei dene

[5]) „Maschinenbau" Bd. 3 (1923/24) S. 338.
[6]) Z. Bd. 44 (1900) S. 205.
[7]) Doktorarbeit Kahrs: Fördertechnik und Frachtverkehr, 1927.

[8]) Z. Bd. 44 (1900) S. 204.

ne Größe, z. B. die Belastung oder die Drehzahl, planäßig geändert wird. Dadurch können Versuchsfehler erannt und Ungenauigkeiten ausgeglichen werden. Das Geetz, nach dem sich z. B. der Wirkungsgrad, der Kraftverrauch oder die erzielte Leistung dabei ändern, muß aus en Versuchen zeichnerisch und möglichst auch rechnerisch stgestellt werden.

Für die Durchführung von Versuchen sind die Stuierenden in Gruppen zusammengefaßt. Jeder Gruppe ist ir die Dauer des Versuches ein Assistent zugeteilt, der i einem einleitenden Vortrag Zweck und Gang des Verıches erklärt, die Durchführung überwacht und Maschien und Teilnehmer vor Schaden bewahren soll. Die Verıchsergebnisse werden später im Übungssaal des Laboraoriums ausgewertet. Auch dabei steht der Assistent elfend zur Seite. Die Ergebnisse der Versuche müssen urch Schaulinien übersichtlich dargestellt werden, so daß ır gesetzmäßiger Verlauf klar erkennbar ist.

Der Unterricht zerfällt in zwei Teile, von denen der rste im Winter für Anfänger, der andere im Sommeremester für Fortgeschrittene bestimmt ist. Die große ahl von Studierenden hat jedoch bisher jedes Jahr gewungen, auch im Sommer den Unterricht für Anfänger bzuhalten.

Bei Beginn jedes Semesters schließen sich die Teilehmer für das ganze Semester nach freier Wahl in Grupen von je 10 bis 15 Herren zusammen und geben an, n welchem Wochentag sie arbeiten wollen. Dann wird in Übungsplan für das ganze Semester aufgestellt, in den ür jede Gruppe Art und Zeit der Versuche eingetragen ind. Das ist notwendig, weil nur Versuche gleichzeitig emacht werden, die sich gegenseitig nicht stören, und doch ede Gruppe an jede Art von Maschinen kommen muß. n Versuchen könnten zur Zeit durchgeführt werden:

1. Handhabung verschiedener Meßgeräte;
2. Eichung der dynamometrischen Kurbel;
3. Bestimmung des Kraftverbrauchs sowie des Wirkungsgrades und Zerlegung der Verluste beim Heben und Senken an Hand-Hebezeugen mit Hilfe der dynamometrischen Kurbel bei verschiedenen Belastungen;
4. Eichung des aufschreibenden Federdynamometers;
5. Bestimmung des Kraftverbrauchs und des Wirkungsgrades, Zerlegung der Verluste von Flaschenzügen mit Hilfe des aufschreibenden Federdynamometers bei verschiedenen Belastungen;
6. Bestimmung des Wirkungsgrades eines Elektromotors bei veränderlicher Belastung;
7. Bestimmung von Arbeitsverbrauch, Hubgeschwindigkeit, Wirkungsgrad und Verlusten eines Elektroflaschenzuges bei verschiedenen Belastungen;
8. Bestimmung des Arbeitsverbrauches, der Geschwindigkeit, des Wirkungsgrades des Laufkran-Hubwerks bei verschiedenen Lasten;
9. Verluste und Wirkungsgrade von Hebezeugteilen, wie Rollen, Trommeln, Zahnrädern;
10. Verluste und Wirkungsgrade von Schnecken und Schneckenrädern im Schneckenprüfstand für verschiedene Geschwindigkeiten und verschiedene Belastungen sowohl bei Antrieb des Schneckenrades wie bei Antrieb der Schnecke;
11. Bestimmung des Fahrwiderstandes des Laufkranwagens und seine Zerlegung in Roll- und Zapfenwiderstand einerseits und den Zuschlag für Spurkranz-, Naben- und sonstige Verluste anderseits;
12. Reibungsverluste in Kugel-, Wälz- und Gleitlagern;
13. Verluste einer Wellenleitung beim Durchleiten verschiedener Arbeitsmengen bei gleichbleibender Drehzahl;
14. Verluste in einer Wellenleitung beim Durchleiten verschiedener Arbeitsmengen bei verschiedenen Drehzahlen;
15. Wassermessung durch Gefäße, Düse und Überfall, sowie Vergleich der Ergebnisse untereinander und mit denen bei verlustloser Messung;
16. Bestimmung von Wassermenge, Arbeitsverbrauch und Wirkungsgrad einer Kreiselpumpe bei veränderlicher Druckhöhe und gleichbleibender Drehzahl;
17. Versuche an Kreiselpumpen bei drei verschiedenen Schaufelformen;
18. Bestimmung von Wassermenge, Arbeitsverbrauch, hydraulischem, volumetrischem und mechanischem Wirkungsgrad einer Kolbenpumpe bei verschiedenen Druckhöhen.
19. Bestimmung von Wassermenge, Arbeitsverbrauch, hydraulischem, volumetrischem und mechanischem Wirkungsgrad einer Kolbenpumpe bei verschiedenen Drehzahlen;
20. Bestimmung von Wassermenge, Arbeitsverbrauch, hydraulischem, volumetrischem und mechanischem Wirkungsgrad einer Kolbenpumpe bei verschiedenen Kolbenhüben und -durchmessern;
21. Bestimmung des Ventilhubes, der Ventilgeschwindigkeit und des Druckverlustes im Ventil bei verschiedenen Drehzahlen der Pumpe;
22. Bestimmung von Druckverlust, Belastung, durchgehender Wassermenge, Einschnür- und Güteziffer von Pumpenventilen;
23. Wärmeverteilung im Pulsometer;
24. Liefermenge und Wirkungsgrad des Pulsometers bei verschiedenen Saug- und Druckrohrlängen, Saug- und Druckhöhen;
25. Liefermenge und Wirkungsgrad des Pulsometers bei verschiedenen Luftmengen;
26. Bestimmung der Reibungsziffer von Schüttgütern;
27. Bestimmung des Grabewiderstandes von Greiferschaufeln in Schüttgütern.

Es ist nicht beabsichtigt und auch nicht möglich, alle diese Versuche mit jeder Gruppe durchzuführen. In dem grundlegenden Laboratorium, das Pflichtfach für die Diplom-Hauptprüfung ist, werden 6 bis 7 größere Versuche im Wintersemester erledigt, deren jeder etwa 3 h dauert und in den darauf folgenden drei Wochen ausgewertet sein muß. Studierenden, die sich eingehender mit dem Versuchswesen befassen wollen, steht das zweite Laboratorium zur Verfügung. [B 2073]

Wettbewerb, betreffend Spannungs- und Schwingungsmesser der Deutschen Reichsbahn - Gesellschaft

Zu dem Wettbewerb hatten für den Spannungsmesser ınd für den Schwingungsmesser je fünf Bewerber Entwürfe eingereicht. Zwei der Meßgeräte waren vereinigte Spannungs- und Schwingungsmesser, so daß acht selbständige Meßgeräte eingereicht worden sind. Die Prüfung der Geräte, zu der Prof. Dr.-Ing. H o r t, Charlottenburg, als Sachverständiger hinzugezogen worden war, erstreckte sich auf Bauart und Handhabung sowie auf die statische und dynamische Wirkung der Geräte. Eingehende Versuche wurden im Laboratorium mit einem eigens dafür erbauten Schütteltisch und ferner an einer eisernen Fachwerkbrücke vorgenommen, die unter der Einwirkung schwerer elektrischer Lokomotiven und einer beweglichen Einzellast stand.

Insbesondere wurden geprüft: Art der Aufzeichnung, Wetterschutz, Fernschalteinrichtung, Schreibverfahren, Freisein von Reibungswiderständen und Resonanzerscheinungen, Formtreue der Aufzeichnung, Anbringungsmöglichkeit an die Bauglieder, Handhabung und Bedienung.

Da man zu dem Ergebnis kam, daß keines der Geräte die entscheidenden Bedingungen restlos erfüllte, daß aber immerhin durch die Beteiligung am Preisausschreiben die Frage ein erhebliches Stück vorwärts gebracht sei, so entschloß sich das Preisgericht zur Verteilung von 20 000 ℳ in abgestuften Beträgen an die Bewerber. Der Restbetrag von 13 000 ℳ bleibt für Verbesserung und Ankauf geeigneter Meßgeräte zur Verfügung. Preisträger sind die folgenden: Firma Rendel, Tritton & Palmer, London, Modell Fereday-Palmer (4000 ℳ), Firma Lehmann & Michels. Hamburg, Modell Dr. Geiger (2×3000 ℳ), Firma H. Honegger, Corcelles (Schweiz), Modell A. Meyer (3000 ℳ), Firma H. Maihak, Hamburg, (3000 ℳ), Dr. Reutlinger, Darmstadt, (1500 ℳ), H. Sürig, Hannover, (1500 ℳ) und Firma Trüb, Täuber & Co., Zürich, Modell de Quervain, (1000 ℳ). Als Preisrichter zeichnen: Dr. Z i m m e r m a n n, Dr. G e h l e r, B ü h l e r, Dr. S a l l e r, H ü l s e n k a m p.

[N 67] Gs.

Das Maschinenlaboratorium C der Technischen Hochschule Hannover

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und technische Wärmelehre

Von Prof. Dr.-Ing. Kurt Neumann, Hannover

Ausstattung des Laboratoriums — Größe und Bauart der Maschinen

Dem Institut steht in der Haupthalle des Maschinenlaboratoriums ein Versuchsfeld von 11 × 14 m² Fläche zur Verfügung. In diesem Raum ist die Hauptzahl der zu ihm gehörigen Maschinen untergebracht, Abb. 1 bis 3. Mit Rücksicht auf Unterricht und Forschung wurden diese so ausgewählt, daß sie dem Studierenden einen möglichst vollkommenen und vielseitigen Überblick über neuzeitliche Verbrennungskraftmaschinen geben.

Die klassische Dieselmaschine ist durch eine Körtingsche Viertakt-Zweizylindermaschine *a*, Abb. 3, mit Einblaseluftverdichter von 250 PS_e Leistung vertreten. Die neuzeitliche kompressorlose Bauart mit Strahleinspritzung zeigt eine Deutzer Einzylinder-Viertakt-Verdrängermaschine *b* von 40 PS Leistung. Die andre Form, die Maschine mit Vorkammer, wird zur Zeit aufgestellt, *c* in Abb. 3. Nach dem Glühkopfverfahren arbeitet eine Einzylindermaschine *d* der Deutschen Werke A.-G. von 8 PS_e.

Zu Abb. 1

Abb. 2. Grundriß des Sockelgeschosses

Abb. 1. Querschnitte durch das Maschinenlaboratorium C. (Abb. 1 bis 3 sind in verschiedenen Maßstäben gezeichnet.)

Körtingsche Viertakt-Zweizylindermaschine, 250 PS_e
Deutzer Einzylinder-Viertakt-Verdrängermaschine, 40 PS_e
Körtingsche Vorkammermaschine, 18 PS_e
Einzylinder-Glühkopfmaschine der Deutschen Werke A.-G., mit Pronyschem Zaum, 8 PS_e
Einzylinder-Viertaktmaschine (Fahrzeugmaschine) der Hanomag, 6 PS_e
Vierzylinder-Lastwagenmotor von Daimler, 40 PS_e
Deutzer Kleinmotor, Schnelläufergasmaschine, 10 PS_e
Einzylinder-Viertakt-Gasmaschine von Körting, 12 PS_e
atmosph. Gasmaschine
Verbund-Laboratoriums-Luftverdichter
Versuchseinrichtung zur Ermittlung von Wärmeübergangzahlen nach Nußelt
elektrisch angetriebener Lüfter der Siemens-Schuckert-Werke
Lüfter-Druckleitung
Kältemaschine von Riedinger f. 10 000 kcal/h
Wirbelstrombremse
Gleichstromerzeuger, 175 kW
Wasserbremse
Physikal.-chemisches Laboratorium
Werkstätte
Gaserzeuger von Gebr. Körting

An Leichtölmaschinen sind im ersuchsfeld eine Einzylinder-iertakt-Maschine *e* der Hanomag nd ein Vierzylinder-Viertakt-Last-vagenmotor *f* der Daimler-Werke ufgestellt. Außerdem sind auf inem im Sockelgeschoß befind-ichen Versuchstande noch zwei ahrradmotoren der Baugesell-chaft Michelsohn in Minden und er Firma Bohn & Kähler, Kiel, orhanden. Diese Firma hat fer-er eine Zweizylinder-Zweitakt-ootsmaschine geliefert.

An Gasmaschinen verfügt das nstitut über einen Deutzer Klein-notor *g* von 10 PS und eine ein-ylindrige Viertaktmaschine *h* von 2 PS Leistung von Körting. Diese ann mit Leuchtgas aus der tädtischen Leitung oder mit Ge-eratorgas betrieben werden, das on einem mit Anthrazit oder Koks u beschickenden Gaserzeuger ge-iefert wird. Außerdem ist es nöglich, die Deutzer Verdränger-

Abb. 3. Grundriß der Maschinenanlage

Zahlentafel 1. Kraftmaschinen des Instituts für Verbrennungsmaschinen

		Erbauer	Bauart	N_e Nutzleistung PS	n Drehzahl Uml./min	Zyl.-Dmr. mm	Hub mm	Zyl.-Zahl	Bemerkungen
1.	Dieselmaschine	Körting	L. T. 43	250	170	450	800	2	
2.	Verdrängermaschine . . .	Deutz	M. K. D.	40	215	330	500	1	
3.	Vorkammermaschine . . .	Körting	MQ 19	18	350	190	316	1	
4.	Lastwagenmaschine	Daimler	La 1154	40	1050	110	150	4	zur Verfügun gestellt
5.	Gasmaschine	Körting	M. E. 18	12	250	190	330	1	
6.	Schnelläufer	Deutz	Ma 122	10	550	150	220	1	
7.	Zweitakt-Bootsmaschine .	Bohn & Kähler		10	1450	100	80	2	„
8.	Glühkopfmotor	Deutsche Werke	S. Z. 19	8	500	155	190	1	Geschenk
9.	Bootsmaschine	Hanomag-Lloyd		6	800	100	150	1	
10.	Fahrradmotor	Michelsohn		4		85	75	1	zur Verfügun gestellt
11.	Fahrradmotor	Bohn & Kähler		4				1	

maschine b durch Anbau eines andern Zylinderkopfes als Gasmaschine arbeiten zu lassen, und zwar ebenfalls mit Leucht- oder Generatorgas. In diesem Fall wird das Kraftgas für diese Maschine von einer in besonderem Raume stehenden neuzeitlichen Generatorgasanlage u der Firma Gebr. Körting geliefert, Abb. 1 und 2. Als geschichtliche Vertreter des Baues von Verbrennungskraftmaschinen sind eine Deutzer Flugkolbenmaschine i, Abb. 2, und ein kleiner Gasmotor mit Schiebersteuerung und Flammenzündung vorhanden.

Das zweite Teilgebiet des Lehrstuhls, die Technische Wärmelehre, ist mit einem zweistufigen Luftverdichter k, Abb. 1 und 3, der Firma Schütz, Wurzen, vertreten. Die Niederdruckstufe kann allein als einstufiger Verdichter oder als Vakuumpumpe betrieben werden. Mit der Maschine wird der gesamte Luftbedarf des Laboratoriums gedeckt. Neben dem Verdichter ist eine Versuchseinrichtung l zur Ermittlung von Wärmeübergangszahlen nach Prof. Nußelt aufgestellt worden. Im Sockelgeschoß befinden sich ein elektrisch angetriebener Lüfter m, Abb. 2, der Siemens-Schuckert-Werke mit einer 16 m langen Druckleitung n und eine Kältemaschinenanlage o von Riedinger für 10 000 kcal/h.

Für die Untersuchung nur vorübergehend aufzustellender Maschinen ist ein besonderer Platz von $3 \times 3 \text{ m}^2$ im Hauptversuchsfeld vorgesehen, der mit allen notwendige Meßeinrichtungen ausgestattet ist.

Die vorhandenen Kraftmaschinen sind zur Messu und Vernichtung der Nutzleistung größtenteils mit Wirbe strombremsen, p, Abb. 3, ausgerüstet. Die Belastung wi von einer Hauptschalttafel aus geregelt. Die 250 PS Dieselmaschine dient zur Erzeugung von elektrisch Energie für die Hochschule. Einige Fahrzeugmotoren si mit Wasserbremsen r von der Junkersschen Bauart au gerüstet. Diese erhalten das nötige Wasser aus eine hochgelegenen Überlaufgefäß, um von den Druckschwa kungen in der Wasserleitung frei zu sein.

Alle Maschinen sind mit neuzeitlichen Meßvorrichtu gen versehen, Kühlwasser-Meßgefäße und die nötigen Ga und Luftuhren befinden sich im Sockelgeschoß unter de Hauptversuchsfeld. Die Abmessungen der einzelnen Kra maschinen sind Zahlentafel 1 zu entnehmen.

Zur Vornahme physikalischer und chemischer Unte suchungen (Heizwertbestimmungen, Gasanalyse, Ölprüfu gen, Eichungen von Thermoelementen) dient ein für die Zwecke besonders eingerichteter Raum unter den Geschäf räumen des Instituts, s in Abb. 2. Für die nötigen Arbeit zur Erhaltung der Betriebsbereitschaft der Maschinen, f Neu- und Umbauten ist eine kleine Werkstatt vorhand t in Abb. 2. [B 2057]

Beitrag zur Kinematik des Raumfachwerkes[1])

Während die Stabkräfte eines ebenen Fachwerks meist zeichnerisch ermittelt werden, berechnet man sie gewöhnlich beim Raumfachwerk, weil die übliche Abbildung eines räumlichen Gebildes mittels Grund- und Aufriß für die Lösung der Gleichgewichtsaufgabe an einem Fachwerkknoten ungeeignet ist; denn zur Auffindung der gesuchten Kräfte sind die Gleichgewichtsbedingungen für den Grundriß allein nicht hinreichend, die für Grund- und Aufriß nicht sämtlich notwendig.

Auch bei Ermittlung der elastischen Verschiebungen der Fachwerkknoten (Williot-Plan) führt die Abbildung in Grund- und Aufriß zu überaus umständlichen Konstruktionen. Im wesentlichen handelt es sich auch hier wie bei der Spannungsaufgabe um Abbildung von Vektoren (hier Verschiebungen, dort Kräfte). Zur Darstellung eines Raumvektors sind drei Größen erforderlich, die in eindeutiger Beziehung zu den drei Komponenten des Vektors in bezug auf ein bestimmtes Koordinatensystem stehen müssen. Die Darstellung eines Vektors in Grund- und Aufriß enthält nun die zur Schnittlinie der beiden Bildebenen parallele Komponente des Vektors doppelt, nämlich in jeder der beiden Projektionen, gibt also mehr als unbedingt notwendig.

In der vorliegenden Arbeit werden zwei Abbildungsverfahren benutzt, die einander in gewisser Beziehung dual entsprechen. Beide bilden die Vektoren des Raumes durch Stäbe ab[2]). Damit die beiden aufeinander abzubildenden Mannigfaltigkeiten von der gleichen Mächtigkeit sind, müssen den zur Abbildung verwandten Stäben gewisse Bedingungen auferlegt werden. Es werden verwendet:

a) Stäbe, die alle in einer Ebene liegen,
b) Stäbe, die alle durch einen Punkt gehen, der aus ko struktiven Gründen unendlich fern angenommen wir

Beide Abbildungsarten finden sich bereits in einem Bu von B. Mayor und in zwei Abhandlungen von R. v. Mise Konstruktiv verwertet wurde jedoch bisher nur die erst und zwar zur Lösung der Spannungsaufgabe. Die vorli gende Arbeit stellt sich die Aufgabe, das in der Statik d ebenen Fachwerke so fruchtbare kinematische Verfahr auch auf Raumfachwerke anzuwenden. Die Fachwerkstä und die Kräfte werden nach der einen, die Verschiebung der Knoten nach der andern Abbildungsart abgebild Bei dieser Art der Abbildung ist die Arbeit einer Kraft pr portional dem Moment ihres Bildstabes in bezug auf d Bildstab der Verschiebung ihres Angriffspunktes. Es lie hier eine Analogie zur Verwendung der „gedrehten G schwindigkeiten" in der Kinematik des ebenen Fachwer vor. Dort ist die Arbeit einer Kraft proportional de Moment dieser Kraft in bezug auf den Endpunkt der g drehten Geschwindigkeit ihres Angriffspunktes.

Erteilt man dem Stab $L_{i,k}$ eines Raumfachwerks d Längenänderung $\Delta L_{i,k} = 1$, während alle anderen Stäbe a starr angesehen werden, so kann aus dem zugehörigen Ve schiebungsplan der Einfluß einer beliebigen Belastun auf die Stabkraft $S_{i,k}$ entnommen werden. Solche Ei flußpläne werden nach verschiedenen Verfahren entwick für einen Gratstab einer Schwedlerkuppel, einer Zeltkupp und einer Schlinkschen Scheibenkuppel.

Ferner wird das Verfahren der elastischen Gewich auf Raumfachwerke ausgedehnt; mit ihrer Hilfe könn Einflußpläne für Verschiebungen gezeichnet werden. Die Einflußpläne werden bei statisch unbestimmten Raumfac werken verwendet. Als Beispiel wird ein einfach statis unbestimmtes vierstäbiges Bockgerüst behandelt.

Die gleichzeitige Verwendung beider Abbildung verfahren führt zu einer im Verhältnis zur Schwierigke der Aufgabe einfachen Bestimmung der Einflußpläne f Stabkräfte und Verschiebungen. [N 2478]

Darmstadt Dr.-Ing. W. Prager

[1]) Auszug aus der von der Techn. Hochschule Darmstadt genehmigten Dissertation, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 6 (1926) Heft 5

[2]) Während ein Vektor parallel zu sich beliebig im Raume verschoben werden kann, ist ein Stab an eine Gerade, seinen Träger, gebunden. Zur Festlegung eines Vektors genügt also die Angabe seiner drei Komponenten, während zur Festlegung eines Stabes außerdem noch die Angabe seiner Momente in bezug auf zwei der drei Koordinatenachsen erforderlich ist.

Kolkverhütung an Wehren

Von Prof. Dr. Ludin, Charlottenburg

Vergleichende Versuche an Wehrmodellen zeigen die Bedingungen für die Ausbildung und höchstmögliche Wirkung von Wasserwalzen bei spezifisch hoher hydraulischer Überfallbelastung. Einführung einer glatten Keilschwelle auf dem Absturzboden verhindert die Kolkbildung hinter dem Wehr.

Im Anschluß an Beobachtungen bei Modellversuchen für ein großes ausländisches Stauwehr mit der hohen spezifischen Überfallbelastung von rd. 40 m^2/s[1]) ließ ich u allgemeinen Lehrzwecken eine Versuchsreihe über die Bedingungen der Walzenbildung im Unterwasser hochbeasteter Überfallwehre ausarbeiten[2]), deren Ergebnisse im olgenden mitgeteilt werden.

[1]) Die Versuche wurden unter meiner Leitung im Winter 1924/25 on Regierungsbaumeister Bussat im Wasserbaulaboratorium der echnischen Hochschule Berlin ausgeführt.

[2]) Die Versuche wurden von Dr.-Ing. Bundschu ausgearbeitet.

Es wurden aus einer gemeinsamen Grundform, nämlich einem auf Kronenhöhe verlandeten Sturzwehr mit wagerechtem Absturzboden, durch Änderung der Gestalt des Absturzbodens drei grundsätzlich verschiedene, stark vereinfachte Wehrformen abgeleitet und in der Spiegelglas-Rinne untersucht, Abb. 1 bis 3.

Wehrform 1, Abb. 1, hatte einen ebenen Sturzboden ohne Vertiefung oder Erhöhung gegenüber der Sohle der unteren Haltung, Wehrform 2, Abb. 2, hatte vertieftes Sturzbett mit senkrechter Abschlußschwelle.

Abb. 1. Wehrform 1 Ebener Abschußboden in Höhe der Flußsohle.

Abb. 2. Wehrform 2. Vertiefter ebener Abschußboden

Abb. 3. Wehrform 3. Vertiefter Abschußboden mit Keilschwelle

Abb. 1 bis 3. Längsschnitt durch die drei Wehrmodelle nach voller Ausbildung des Kolkes durch wechselnde Belastung

Abb. 4. Wehrform 1. Voll belastet. Modellaufnahme nach voller Ausbildung des Kolks durch ständige Vollbelastung

Abb. 5. Wehrform 2. Voll belastet. Modellaufnahme nach voller Ausbildung des Kolks durch ständige Vollbelastung

Abb. 6. Wehrform 3. Voll belastet. Modellaufnahme nach voller Ausbildung des Kolks durch ständige Vollbelastung

Bei Wehrform 3, Abb. 3, war inmitten des Sturzbettes der Wehrform 2 noch eine durchgehende keilförmige Schwelle angebracht. Die Rinnenbreite betrug 0,502 m, die Wehrhöhe über der unteren Abschlußschwelle 0,10 m, die Länge des Absturzbodens 0,32 m. Die größte Überströmhöhe der Wehrkrone bei 0,0175 m^3/s Wassermenge 0,06 m, was bei Zugrundelegung des Maßstabes 1 : 100 einer hydraulischen Wehrbelastung[3]) von rd. 35 m^2/s entspricht. Der als Füllung des Unterlaufs verwendete Kies hatte 4 bis 8 mm Korngröße, war also sehr grob.

Zunächst wurde Wehr 1 mit 0,06 m Überströmhöhe mehrere Stunden betrieben, Abb. 1 und 4. Es entstand dabei weit abwärts vom Wehr ein tiefer Kolk. Unmittelbar hinter dem Wehr trat jedoch kein Kolk auf. Erst bei abwechselnder Veränderung der Wassermenge, wie es etwa dem natürlichen Spiel zwischen Hoch- und Niedrigwasser entspricht, trat auch eine Auskolkung unmittelbar unterhalb des Wehres auf. Nach 19stündigem Dauerbetrieb trat der in Abb. 1 dargestellte Beharrungszustand ein.

Die Versuche mit Wehr 2 und 3 wurden vorwiegend mit der vollen Wassermenge ausgeführt. Beim Verändern der Wassermengen wurden keine wesentlichen Änderungen am Kolkbild wahrgenommen. Beim Versuch mit Wehr 2, Abb. 2 und 5, war nach 12stündigem, bei Wehr 3, Abb. 3 und 6, nach 3stündigem Betrieb der Beharrungszustand eingetreten.

Bei Versuch 1 schießt das Wasser als unbedeckter Strahl mit fast ungebrochener Kraft über das Sturzbett hinweg. Seine Energie wird erst unterhalb des Sturzbettes durch die sich dort ausbildende Deck- und Grundwalze gebrochen. Man sieht also, daß in vorliegendem Falle durch Reibung auf dem Absturzboden sehr wenig Energie vernichtet wird, dies geschieht vielmehr erst hinter dem Sturzboden, wobei ein großer, gefährlicher Kolk entstehen muß. Ferner läßt sich durch diese Versuche deutlich zeigen, daß die gefährlichste und größte Kolkbildung unter Umständen nicht durch das Hochwasser an sich, sondern durch das Spiel zwischen Niedrigwasser und Hochwasser entsteht.

Beim Versuch mit Wehr 2 stellte sich über dem Absturzboden eine wohl ausgebildete Deckwalze ein. Die Grundwalze bildet sich aber ebenfalls erst h i n t e r dem Sturzbett, so daß auch hierbei ein nicht unbedeutender Kolk entsteht. Der Abfluß unterhalb des Wehres ist sehr stürmisch. Es bildet sich etwa über der Mitte des Kolk eine zweite Deckwalze aus, Abb. 5.

Wird jetzt aber bei Wehr 2 eine durchlaufende Ke schwelle an geeigneter Stelle in das Sturzbett eingebrac Abb. 3, so stellt sich sofort ein überraschend ruhiger A fluß des Wassers unterhalb des Wehres ein. Die Energ wird jetzt größtenteils schon innerhalb des Sturzbettes v nichtet, dementsprechend entsteht auch kein nennenswert Kolk. Dieser Vorgang ist wie folgt zu erklären: Die g ausgebildete Deckwalze bremst die obere Schicht des üb strömenden Wassers ab. Die Rückenwalze und die beso ders wichtige Grundwalze, die sich hier schon zwisch Keil- und Abschlußschwelle ausbilden kann, bremsen d untere Wasserschicht ab, dadurch wird schon unmittelb hinter dem Sturzbett die gewöhnliche Geschwindigkeitsv teilung und ein ruhiger, nicht kolkender Abfluß des Wa sers erreicht.

Durch die Versuche kann somit deutlich gezeigt we den, wie durch geeignete Anordnung von Wasserwalzen d Energie in wirkungsvoller Weise vernichtet werden kan zugleich geben die Versuche in der K e i l s c h w e l l e e Mittel an die Hand, um diese vorteilhafte Walzenlage erzwingen. Vor der B e y e r h a u s schen Stufenschwel von der bei den Versuchen mit der Keilschwelle a gegangen wurde, hat die neue Anordnung den Vorteil, d sie einfacher herzustellen und betriebsicherer ist.

Bei den mitgeteilten Versuchen, die in der Ausstellu in Basel 1926 auch im Laufbild gezeigt worden sind, ha delt es sich um schematische Versuche. Wie in praktisch Fällen der Entwurf durchzubilden ist, hängt von den jewe vorhandenen Verhältnissen zwischen Ober- und Unte wasser, von der Tiefenlage einer etwa erreichbaren G steinschicht und anderem ab. Jedenfalls empfiehlt es si stets, vor Inangriffnahme größerer praktischer Ausfü rungen Sonderversuche anzustellen. In diesem Zusamme hang sei auch auf die Veröffentlichungen von B e y e r h a u s[4]), R e h b o c k[5]) und S c h o k l i t s c h[6]) hing wiesen. [B 2310]

[3]) Bezogen auf 1 cm Wehrbreite.

[4]) B e y e r h a u s, Über Wasserabflußversuche an Talsperrenm dellen; Berlin 1914 Wilh. Ernst & Sohn.

[5]) R e h b o c k, Betrachtungen über Abfluß, Stau- und Walzenbildu bei fließenden Gewässern und ihre Verwertung für die Ausbildung d Ueberfalles bei der Untertunnelung des Sihlflusses durch die link ufrige Seebahn in der Stadt Zürich; Berlin 1917, Julius Springer.

D e r s., Das Flußbaulaboratorium der Technischen Hochschu Karlsruhe. Die Wasserbaulaboratorien Europas. Berlin 1926, VI Verlag.

D e r s., Z. Bd. 69 (1925) S. 1382.

[6]) S c h o k l i t s c h, Energieverrichtung, „Die Wasserkraft“ Bd. (1926) Heft 10.

Tagung für Getriebelehre

Der Einladung des Wissenschaftlichen Beirates des Ver-eines deutscher Ingenieure zu einer geschlossenen Tagung über reine und angewandte Getriebelehre in Dresden am 15. und 16. Oktober 1926 waren etwa 25 führende Vertreter dieses Gebietes aus Wissenschaft und Industrie gefolgt. Die Erörterung der heute wichtigen Fragen in Vortrag und Aussprache unter Leitung von Prof. Kutzbach und die Besichtigung getriebetechnisch wichtiger Maschinen in einigen Dresdener Fabriken gaben den Teilnehmern reichlich Gelegenheit zur gegenseitigen Anregung.

Zwei Vorträge: 1. über Gelenkmechanismen (Koppeltriebe) und Kurventriebe, 2. über Maltesergetriebe und Sternräder hielt Prof. Alt, Dresden. Die Gelenkmechanismen bilden den wichtigsten Teil der Getriebemaschinen[1]). Zwar werden bei diesen Maschinen die meisten Bewegungen durch Kurventriebe umgeformt, aber für die Weiterleitung der Bewegung von der durch die Kurve gesteuerten Rolle bis an den Ort, wo die Bewegung zum Zwecke einer bestimmten vorgeschriebenen Arbeitsverrichtung gebraucht wird, werden in der Regel Gelenkmechanismen benutzt.

Prof. Alt gab einen Überblick über die Gedankengänge und die bisher entwickelten Verfahren des Aufbaues der Gelenkmechanismen. Er zeigte, auf welchem Wege man ihre Abmessungen planmäßig und einwandfrei ermitteln kann, wenn bestimmte praktische Forderungen erfüllt werden sollen. Weiter behandelte Alt die in der Praxis beim Entwurf von Getriebemaschinen auftretende Aufgabe, Maltesergetriebe und Stirnräder derart zu bauen, daß die Zeitabschnitte für die Bewegungen und die Ruhepausen vorgeschriebene Werte besitzen. Die beiden Vorträge werden ausführlich veröffentlicht werden.

[1]) Unter „Getriebemaschinen" sollen hier die Arbeitsmaschinen verstanden werden, bei denen die eingeleitete (meist gleichförmige) Drehbewegung nicht im „Gleichgang", sondern im „Wechselgang" umgeformt wird, wobei schwingende oder absetzende Bewegungen erzielt werden.

Prof. Dörfel jun., Brünn, sprach über vorteilhafte Konstruktionsverfahren im Getriebebau auf Grund der Übersetzungsprüfung. Die üblichen Prüfungen des Verhaltens der Getriebe an der Hand des Getriebebildes setzen gleichförmige Antriebgeschwindigkeit oder bekannte Beschleunigungen zweier Getriebepunkte voraus, was bei praktischen Aufgaben nicht immer zutrifft. Faßt man aber das Getriebebild als Vektorengleichung auf und stellt diese mittels komplexer Zahlen in Exponentialform in der Gaußschen Ebene dar, so kann man leicht durch Rechnung oder Konstruktion die Übersetzungen prüfen. Sie folgen aus der Differentiation der Getriebegleichung. Die erste Differentiation gibt die Übersetzungsarme des Getriebes, die nach Vervielfachung mit den Antriebgeschwindigkeiten die Getriebegeschwindigkeiten liefern. Die zweite Differentiation ergibt die Fliehkraftarme und die Beschleunigungsarme des Getriebes, die mit dem Quadrate der Antriebgeschwindigkeiten vervielfacht werden.

Durch die Konstruktion dieser Getriebebilder werden geometrische Zusammenhänge offenbar, die bei Einführung der Zeitabszisse verborgen bleiben. Ein solcher Zusammenhang offenbart sich durch Einführung des geometrischen Verhältnisses Tangential- zu Radialbeschleunigung als Tangente eines vor- oder nacheilenden Phasenwinkels der Antriebkurbel.

Die Einführung des Verhältnisses der $G\,D^2$ der Kurbelmassen und des Verhältnisses Kurbelkraft zu Kurbelmassen-Fliehkraft gestattet die geometrische eindeutige Lösung des freien Spieles der Massen und Kräfte am Getriebe mit wenigen Hilfslinien und die Ermittlung des Abhängigkeitsverhältnisses der Zeitordinate zur Wegabszisse, d. i. das Verhältnis der Laufzeiten in jeder Getriebelage.

Wird die Operation div $x = 0$ sinngemäß auf räumliche Strömungsvorgänge in arbeitenden Laufrädern angewendet, so ersetzt sie den geschlossenen Linienzug. Zwei Differentiationen des räumlichen Getriebebildes zeigen den Zwang der Wandungen und der Verdrängung und führen zu einem physikalischen Versuch am ruhenden Modell zur Aufnahme

Abb. 1 bis **6**
Gestängedrücke eines Viertaktmotors
Zum Vortrage von Pöschl
Zyl.-Dmr. 530 mm
Hub 530 mm, 370 Uml./min
Kolbengewicht 460 kg
Schubstangengewicht 675 kg
Abmessungen der Schubstange:
$l = a + b = 0{,}391 + 0{,}669 = 1{,}06$ m, $k = 0{,}557$ m

Glied 3: N, T_{C_3}, P, C
„ 2: C, T_{C_2}, T_{B_2}, B
„ 1: B, W, A
Knoten C: N, T_{C_3}, P, T_{C_2}, K_2, S_2
„ B: S_2, K_2, T_{B_2}, W, S_1 $(-A)$
„ A: S_1, A

Abb. 2
[Gl]eichgewichtsgruppen

Abb. 3. Führungsdruck N (1 cm = 4000 kg)

Abb. 4. Kreuzkopfzapfendruck C (1 cm = 4000 kg)

Abb. 5. Kurbelzapfendruck B (1 cm = 8000 kg)

Abb. 6. Lagerzapfendruck A (1 cm = 8000 kg)

der geometrisch erzwungenen, absoluten, nicht stationären idealen Strömung und des Wirkungsgrades durch Quellen oder Senken an den bewegten arbeitenden Flächen.

Die Anwendung dynamischer Kraftpläne in der Getriebelehre behandelte Prof. Pöschl, Prag. Bei dem rechnerischen Verfahren zur Bestimmung der Gelenkdrücke gibt es zwei Wege: 1. Das synthetische Verfahren, wonach die Kräfte- und Momentengleichungen für jedes Glied der Kette aufgestellt werden. Um eine bestimmte Reaktion zu erhalten, ist im allgemeinen die Auflösung des ganzen Gleichungssystems erforderlich. Schon wenn man die Getriebe als ebene Systeme auffaßt, bringt diese Auflösung eine erhebliche Rechenarbeit mit sich. Die Schwierigkeiten wachsen aber noch bedeutend, wenn man die Getriebe, wie es strenge genommen sein sollte, als räumliche Systeme ansieht; es erfordert dann z. B. der Fliehkraftregler nach Heun die Einführung von 22 Reaktionskomponenten. 2. Das analytische oder Lagrangesche Verfahren. Um nach diesem Verfahren die inneren Kräfte für irgendeinen Schnitt zu bestimmen, hat man sich das System an der betreffenden Stelle durchschnitten zu denken. Die dadurch nötigen Reaktionskomponenten sind für die abgetrennten Systemteile den eingeprägten Kräften hinzuzufügen und sind durch die Lagrangeschen Gleichungen für die erweiterten Systeme bestimmbar.

Das Verfahren von F. Wittenbauer, das auf die Anlage eines dynamischen Kräfteplans ausgeht, stimmt seinem Wesen nach überein mit dem als synthetisch bezeichneten Verfahren, wobei aber die Gleichgewichtsbedingungen der einzelnen Getriebeglieder nicht in rechnerischer, sondern in zeichnerischer Form verwertet werden. Pöschl zeigte die Anwendung auf die Bestimmung der Gelenkdrücke eines Viertaktmotors, Abb. 1 bis 6.

Für die Ermittlung der Stabspannungen und Gelenkdrücke wird das gegebene Getriebe durch ein System andrer Art ersetzt. Jedes einzelne Getriebeglied wird durch zwei Massen ersetzt, die in die Gelenkpunkte gelegt werden, in denen das betreffende Glied mit den Nachbarpunkten in Verbindung steht. Voraussetzung für diesen Ersatz ist, daß der Schwerpunkt des betreffenden Getriebegliedes jeweils in die Verbindungslinie der Gelenkpunkte hineinfällt. Die Ersatzmassen dieser beiden Punkte ergeben sich einfach durch statische Zerlegung der Masse des betreffenden Gliedes. Damit aber diese beiden Massen dieselben Massenkräfte (Beschleunigungsdrücke) ergeben wie die ursprüngliche, ist noch ein Moment von der Größe $M(k^2 - a\,b)\,\dot{\omega} = K\,l$ im Sinne von $\dot{\omega}$ hinzuzufügen. Die Richtigkeit dieser Beziehung ergibt sich unmittelbar aus der bekannten Gleichung:

$$\bar{b}_s = \frac{b}{l}\,\bar{b}_A + \frac{a}{l}\,\bar{b}_B,$$

wenn $a + b = l$.

Aus ihr folgt für die Summe der Massenkräfte:

$$M_A\,\bar{b}_A + M_B\,\bar{b}_B = M\,\bar{b}_s,$$

und für die Summe der Momente der Massenkräfte um S:

$$M_A\,b_A \cos\alpha\,a - M_B\,b_B \cos\beta\,b = M\,a\,b\,\dot{\omega}.$$

Es ist daher das Moment von der angegebenen Größe im Sinne von $\dot{\omega}$ hinzuzufügen.

Selbstverständlich können durch dieses Ersatzsystem für die Stabspannungen nicht die richtigen Werte erwartet werden, wie sie sich infolge der stetigen Massenverteilung der Stabmassen herausstellen müßten, sondern nur die auf das Ersatzsystem bezüglichen Stabspannungen.

Um den Verlauf der wirklichen Stabspannungen in Richtung der Verbindungslinien der Gelenkpunkte zu erhalten, beachte man, daß von einem Ende jedes Stabes hin zum andern in der Stabrichtung die in diese fallenden Komponenten der Trägheitskräfte hinzutreten. Wenn daher z. B., herrührend vom Gelenkdruck B, die Komponente $S_{2\,B}$ in die Stabrichtung fällt, so ist $S_{2\,C}$ die Stabkraft C geworden. Dasselbe gilt für die andern Stäbe, aus denen das Getriebe besteht. Ebenso sind durch die zu den Stabrichtungen senkrechten Komponenten die Querkräfte am Anfang und Ende der Bewegung zu entnehmen.

In dieser Weise wurden die Gelenkdrücke für einen Viertaktmotor zunächst ermittelt, Abb. 1 bis 6. Aus dem Verlauf der Kurven für die Zapfendrücke C, B und A ist zu entnehmen, daß diese in oder in der Nähe der Totlagen ihre größten Werte annehmen und daß die Kurven für die Phasen des Ansaugens und des Auspuffes, soweit die betreffenden Drücke mit dem Atmosphärendruck zusammenfallen, symmetrisch liegen. Das Verfahren selbst ist außerordentlich einfach durchführbar und gibt für jede Kolbenstellung in einem einzigen Kräfteplan die sämtlichen g suchten Reaktionsgrößen[2]).

Die Einführung von Ersatzmassen wurde in der Au sprache insbesondere von Alt, Marx und Skutsch erörte Alt wies gegenüber dem Wittenbauerschen Verfahren auf d Ermittlung der resultierenden Trägheitskraft hin. Mar hielt es für noch einfacher, nach den allgemeinen Grun sätzen der Mechanik die im Schwerpunkt angreifen Massenkraft und das aus dem Produkt von Trägheitsmome in bezug auf den Schwerpunkt mal Winkelbeschleunigu gewonnene Drehmoment getrennt einzuführen und dies Moment beispielsweise durch ein Kräftepaar darzustelle dessen Arm die Entfernung zweier Gelenkpunkte i Skutsch bedauerte, daß die sehr brauchbare Poi sotsche Ermittlung der Ersatzmassen zwar von Föp in seinem Lehrbuch erwähnt, aber sonst nirgends a gewendet wird. In seiner Erwiderung bemerkte Pöschl, d die Verwendung der Poinsotschen Massenreduktion im V laufe des Ganges des Getriebes auf veränderliche Lag der Ersatzmassen führt und für jede Stellung die Besti mung des Beschleunigungspoles verlangt, was äußerst u ständlich ist.

Obering. Hoecken, Berlin, gab einen Beitrag z Theorie und Anwendung von Gelenk-G radführungen. Gegenüber den auf Prismenpaarung b ruhenden Gleit-Geradführungen sind die Gelenk-Ger führungen beim Bau von Getriebemaschinen mehr zu b achten. Es wird eine neue Ableitung der Tschebyschefsch Geradführung gezeigt. Dieser zu den genäherten Ger führungen gehörende Mechanismus erzeugt eine symmetris zur y-Achse gelegene Koppelkurve, deren Gestalt d Querschnitt einer Plankonvexlinse gleicht. Auf dem g radlinig verlaufenden Teil hat sie sechs endlich b nachbarte Punkte mit einer Geraden gemeinsam. Nim man die Länge der Kurbel zur Einheit, so beträgt die A weichung von der Geraden nur $\pm\,0{,}002$, so daß die da erreichbare Genauigkeit den praktischen Anforderung durchaus genügt.

Diese Geradführung kann vielseitig verwendet werd Es wurden drei Beispiele gezeigt, bei denen je zwei solch Mechanismen mit gemeinsamem Steg und gemeinsan Kurbelwelle verbunden sind, und wodurch eine gegenläufi Geradführung, eine Parallelführung und eine gekreuzte (radführung erhalten wird. Diese Konstruktionen wurd zum Teil an Modellen erläutert.

Weiterhin wurde aus dieser Geradführung ein Wink lenker entwickelt, mit dem ein Punkt im rechten Win geführt werden kann. Diese Bauart läßt eine wesentl höhere Umlaufzahl der Maschinenwelle zu, als die auf z rechtwinklig zueinander verlaufenden Prismenführung aufgebauten Konstruktionen.

Die Verwendung eines Robertsschen Dreiecklenk für eine in Absätzen erfolgende Bewegung beruht dara daß durch die zwangläufige Führung des die Koppelku beschreibenden Punktes über den Bereich der gera Strecke hinaus infolge der nunmehr beginnenden Krümmu der Koppelkurve ein Zug auf den Steg ausgeübt wi Lagert man daher den Steg nicht ortfest, sondern drehb um eine feste Achse, so kann dieser eine Teildrehung a gezwungen werden. Wird dabei die geradlinig hin- und h gehende Bewegung des Lenkerpunktes von einem Kur getriebe eingeleitet, so wird während eines Teils des K belumlaufs der Steg in Ruhe bleiben und während andern ausschwingen. Diese Anordnung läßt eine A derung der Ruhe- und Bewegungsabschnitte in weiten Gr zen zu und eignet sich besonders für Steuerungszweck

Prof. Kutzbach, Dresden, sprach über Wäl getriebe und Schraubgetriebe für rech winklige Achsen.

Eine gewünschte stetige oder periodische Bewegun umformung zwischen gegebenen Achsen hat nur dann e eindeutige geometrische Lösung, wenn sie durch rei Wälztrieb oder durch einen Koppeltrieb bewirkt wird, w rend der Kurventrieb, sei es als Nockentrieb, sei es Zahnradantrieb, stets unendlich viele Lösungen ergibt.

Unterscheidet man z. B. beim Zahnradtrieb den v zahnten Wälztrieb mit sich schneidenden Achsen und Schraubtrieb mit gekreuzten Achsen, so findet man be Wälztrieb, daß die Flankenlinienform, die Profilform u die Zähnezahl zunächst ganz beliebig sein können und die Lage der Wälzkörper durch die Übersetzung gegeben beim Schraubtrieb dagegen findet man, daß nur die Flank linienform durch die Übersetzung festgelegt ist, wenn e

[2]) Einen interessanten Beitrag zu den hier behandelten Fra bildet die Abhandlung von F. Proeger über „Die Getriebekinem als Rüstzeug der Getriebedynamik“, die als Forschungsheft 285 V. d. I. herausgegeben ist.

[3]) Der Vortrag wird in der Zeitschrift für Instrumentenku veröffentlicht.

Hüllkörper gegeben sind, daß aber an sich Form und Größe der Hüllkörper, Zahnprofil und Zähnezahl wieder ganz beliebig sind. Um also zu einer engeren Wahl zu kommen, müssen die Rücksichten auf die Herstellung (Möglichkeit, Genauigkeit, Billigkeit) und auf den Betrieb (Verluste, Abnutzung, Geräusch) den Ausschlag geben. Die reine Getriebelehre muß darum durch technologische, konstruktive und wirtschaftliche Gesichtspunkte ergänzt werden. An einer Aufgabe, die heute eine große Bedeutung erlangt hat, nämlich an den Getrieben für rechtwinklige Achsen, wurde dies näher erläutert.

Für die Herstellung von Kegelrädern gibt es drei Verfahren mit nur einer Bewegungsart zwischen Werkzeug und Werkstück (Formverfahren, Wälzverfahren und Schraubverfahren), die aber alle drei nur ein begrenztes Anwendungsgebiet haben. Nur Verfahren mit zwei oder drei gleichzeitig erfolgenden Bewegungsarten ermöglichen billige und genaue Herstellung. Es wurden sechs verschiedene Verfahren dieser Art besprochen und kinematisch erläutert[4]). Die neuesten sind diejenigen, die eine stetige und rasche Erzeugung des ganzen Kegelrades ohne jede periodische Schalt- oder Hobelbewegung ermöglichen und in der Hauptsache auf einem Schraubverfahren zwischen Kegelrad und Fräser beruhen (z. B. Verfahren von Schicht-Klingelnberg).

Alle sechs Verfahren ermöglichen bei entsprechender Wahl der Flankenlinien auch die Herstellung von Kegelrädern für Schraubgetriebe. Neuerdings werden durch die Firmen Gleason und Klingelnberg solche Getriebe auf den Markt gebracht, die wegen ihrer unbestrittenen Vorzüge in kurzer Zeit eine große Rolle im Maschinenbau spielen werden. Prof. Kutzbach ging noch besonders auf die Schraubenkegelräder mit gleichbleibendem Steigungswinkel ein, die nach Überwindung gewisser Werkzeugschwierigkeiten wahrscheinlich die anderen verdrängen werden.

Der Vortrag wurde ergänzt durch weitere Ausführungen von Dipl.-Ing. Altmann, Dresden, über Schraubgetriebe für rechtwinklig sich kreuzende Achsen.

Altmann wies darauf hin, daß bisher von den Schraubgetrieben mit rechtwinkliger Achsenkreuzung wohl am häufigsten das Schneckengetriebe mit zylindrischer Schraube angewendet wurde. Neuerdings trat es auch beim Antrieb von Straßenbahn- und Lastkraftwagen stark in Wettbewerb mit dem bisher üblichen Antrieb durch Stirn- und Kegelräder. Ausschlaggebend für die Verwendung der einen oder andern Antriebart wird schließlich, neben den Herstellungsfragen, der Wirkungsgrad und die Abnutzung der Verzahnung sein. Es muß also versucht werden, Flüssigkeitsreibung zwischen den Flanken zu erzeugen, um den Reibungswert klein zu halten, Verschleiß der Flanken zu vermeiden und Geräuschbildung möglichst auszuschließen.

Es wurden verschiedene Regelschraubenflächen auf ihre Eignung zur Bildung einer tragfähigen Schmierschicht zwischen den Flanken von Schnecke und Rad untersucht. Als theoretisch günstigste Schraubenfläche ergab sich die abwickelbare Evolventenschraube, deren Normalschnitt zur Achse eine Evolvente darstellt, mit andern Worten ein normales Schrägzahnrad ist. Solche Schraubgetriebe, die z. B. von der Firma Brown & Son in Huddersfield hergestellt werden, haben Wirkungsgrade über 97 vH erreicht. Es wurden ferner die Herstellungsmöglichkeiten von Schnecke, Schneckenrad und Fräser für das Schneckenrad erörtert[5]).

Über räumliche kinematische Ketten kleinster Gliederzahl sprach Geheimrat Grübler, Dresden.

Eine räumliche Schraubenpaarkette von n Gliedern ist zwangläufig, wenn die Anzahl s der diese beweglich verbindenden Schraubenpaare der Beziehung

$$5s - 6n + 7 = 0$$

genügt, wie Grübler früher (vergl. die Festschrift zum 80. Geburtstage von O. Mohr, S. 124) bewiesen hat. Aus dieser Gleichung geht hervor, daß der kleinste Wert, den n haben kann, $n = 7$ ist, womit $s = 7$ folgt. Doch gilt das nur, wenn die Schraubenachsen nach Richtung, Lage und Parameter von einander unabhängig, also ganz willkürlich wählbar sind. In besonderen Fällen kann n erheblich kleiner sein. Es sei hier nur an die Dreischraubenkette erinnert (vergl. F. Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. II, Kinematik, S. 67), die nur drei Glieder hat; die Schraubenachsen müssen in einer Geraden liegen und die drei Schraubenparameter (Steigungen) eine lineare Beziehung erfüllen.

Die Bedingungen, denen die Abmessungen der Glieder einer zwangläufigen einfachen Schraubenpaarkette genügen müssen, damit die Gliederzahl vermindert werden kann, sind nicht einfach. Wohl aber gibt es einen einfachen Weg zu diesem Ziele, und dieser besteht in der Einführung von Elementenpaaren mit höherem Freiheitsgrad als 1. Dieser Weg stützt sich auf folgende Überlegung:

Ist in einer zwangläufigen Schraubenpaarkette das Glied K_1 mit dem Glied K_2 durch ein beliebiges Schraubenpaar beweglich verbunden und ebenso K_2 mit K_3, so hat offenbar die Relativbewegung von K_3 gegen K_1 den Freiheitsgrad 1. Es wird sich der Freiheitsgrad der ganzen Kette nicht ändern, wenn man das Glied K_2 beseitigt und das Glied K_3 mit K_1 unmittelbar durch ein Elementenpaar vom Freiheitsgrade 2 verbindet. Die so entstehende Kette wird also ein Glied weniger haben, aber doch zwangläufig bleiben.

Die Fortsetzung dieser Schlußweise auf das Glied K_4 dieser Kette, das mit K_3 durch eine Schraube verbunden ist, führt zu dem Ergebnis, daß die Glieder K_2 und K_3 beseitigt werden können, ohne die Zwangläufigkeit der Kette zu ändern, wenn man K_4 mit K_1 unmittelbar durch ein Elementenpaar vom Freiheitsgrade 3 verbindet. Doch ist zu beachten, daß mehr als 4 zusammenhängende Glieder einer einfachen Schraubenkette sich nicht durch ein höheres Elementenpaar ersetzen lassen, da der kleinste Wert von n notwendig 3 ist.

Hiernach gelangt man zu dem Satz: Beseitigt man in einer allgemeinen zwangläufigen Schraubenpaarkette i auf einander folgende Glieder, indem man das erste und das letzte Glied der Reihe unmittelbar durch ein höheres Elementenpaar vom Freiheitsgrade i beweglich verbindet, so bleibt die derart entstehende Kette zwangläufig, obgleich ihre Gliederzahl sich um $i - 1$ verringert.

Elementenpaare von höherem Freiheitsgrad gibt es viele; sie lassen sich je nach der Berührung der Elemente in Punkte, Linien oder Flächen unterscheiden. Elementenpaare mit Flächenberührung gibt es nur drei: Das Hohlzylinderpaar mit dem Freiheitsgrad 2, das Kugel- und Plattenpaar mit dem Freiheitsgrad 3.

Nach dem angegebenen Verfahren kann man nun aus der einfachen siebengliedrigen Schraubenkette eine zwangläufige räumliche Kette erhalten, deren Gliederzahl am kleinsten, nämlich 3, ist, indem man drei Schrauben durch ein Kugelpaar und je zwei Schrauben eines Gliedes durch ein Hohlzylinderpaar ersetzt. Es werden sonach vier Glieder entfernt, und es bleibt eine dreigliedrige Kette mit einem Kugelpaar und zwei Hohlzylinderpaaren übrig. Grübler erläuterte die Bewegungsvorgänge in dieser Kette, die in der technischen Praxis schon angewendet worden ist, an einem Modell.

Ersetzt man das Kugelpaar durch ein Plattenpaar, so hat man zu beachten, daß die Neigungswinkel der Zylinderachsen gegen die Ebene des Plattenpaares unter einander und von 90° verschieden sein müssen, wenn die entstehende Kette zwangläufig sein soll. Es ist leicht ersichtlich, daß alle Drehungen der Glieder ausgeschlossen sind und diese sich wie die einer Dreischiebepaarkette bewegen.

Ersetzt man in der siebengliedrigen Schraubenpaarkette je zwei aufeinanderfolgende Schraubenpaare eines Gliedes durch je ein Hohlzylinderpaar, so erhält man eine zwangläufige räumliche Kette mit vier Gliedern, drei Hohlzylinderpaaren und einem Schraubenpaar, die dem ebenen Gelenkviereck entspricht. Auch diese Kette wurde von Grübler an einem Modell erläutert und ihre Anwendungsmöglichkeiten angedeutet. Von Wichtigkeit ist hierbei die Tatsache, daß die Zwangläufigkeit aller kinematischen allgemeinen Ketten, also auch der behandelten, von den Abmessungen der Kettenglieder ganz unabhängig ist und nur von der Zahl der Glieder und der ihrer beweglichen Verbindungen abhängt.

Am Schluß der Tagung fand eine eingehende Besprechung der Hochschuldozenten über die Behandlung der Getriebelehre an den Hochschulen statt. An die Berichte von Geheimrat Müller, Darmstadt, Prof. Marx, München, Prof. Alt, Dresden, schloß sich eine lebhafte Aussprache, an der sich insbesondere Geheimrat Mollier, Dresden, Geheimrat Grübler, Dresden, Prof. Körner, Prag, Prof. Kutzbach, Dresden, beteiligten.

Prof. Alt führte aus: An den technischen Hochschulen wird bisher die Getriebelehre im Rahmen der Kinematik behandelt, und zwar nur als eine Untersuchung der Bewegungsverhältnisse von Getrieben, die in allen ihren Abmessungen bekannt sind. Hierbei werden vor allem die geometrischen Hilfsmittel zur Ermittlung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen entwickelt. Vorzugsweise werden als Anwendungen die Steuerungsgetriebe der Kraftmaschinen herangezogen.

[4]) Der Vortrag wird später veröffentlicht. Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 73.

[5]) Der Vortrag wird später veröffentlicht.

Das große Gebiet der immer wichtiger werdenden Getriebemaschinen (Verpackungs-, Kartonnagemaschinen, Schuhmaschinen, landwirtschaftliche Maschinen usw.) erfordert eine weitergehende Behandlung der Getriebelehre. Es hat sich immer mehr gezeigt, daß die bisher üblichen Probiermethoden bei der Konstruktion der Getriebemaschinen unzulänglich sind und daß eine planmäßige wissenschaftliche Behandlung der Getriebelehre notwendig ist. An den technischen Hochschulen oder an einigen von ihnen muß daher die Möglichkeit für die Ausbildung von Ingenieuren in der Getriebelehre und in der Konstruktion von Getriebemaschinen geschaffen werden, wobei es sich vor allem um die Ausbildung im Getriebeaufbau handelt, d. h. in dem Gebiet, das sich mit der allgemeinen Aufgabe befaßt: Wie müssen Getriebe hinsichtlich ihrer Bauart und ihrer Abmessungen konstruiert werden, damit sie sich in bestimmter vorgeschriebener Weise bewegen und bei ihrer Bewegung bestimmte vorgeschriebene Bedingungen erfüllen?

Über die weiteren Einzelheiten und insbesondere über das Programm, nach dem die Getriebelehre am zweckmäßigsten an den technischen Hochschulen behandelt wird, soll demnächst eine besondere Veröffentlichung unterrichten.

Der Bericht von Geh.-Rat Müller, Darmstadt, ging zunächst auf die Verhältnisse an der Darmstädter Technischen Hochschule beim Unterricht in der Kinematik ein. Dort wird dieser Gegenstand in zwei weit auseinanderliegenden Abschnitten behandelt, nämlich bereits im zweiten Semester in einer zweistündigen Vorlesung mit Übungen über theoretische Kinematik — geometrische Bewegungslehre — und dieser Teil befindet sich in den Händen des Vertreters der darstellenden Geometrie; daran schließt sich im sechsten bzw. siebenten Semester ein gleichfalls zweistündiger Vortrag über praktische Getriebelehre bei dem Vertreter der Maschinenelemente.

Die Angliederung der theoretischen Kinematik an den Lehrstuhl für darstellende Geometrie, die einem Wunsche der Maschinenbauabteilung entsprach, hat sich für beide Lehrgebiete in mannigfacher Beziehung als vorteilhaft erwiesen. Denn in Darmstadt reicht die darstellende Geometrie bis in das zweite Semester hinein, hier laufen also beide Vorträge nebeneinander her, wodurch sich Gelegenheit bietet, zwischen ihnen Brücken zu schlagen. Damit erhält der Vortragende in der Anordnung seines Stoffes eine größere Bewegungsfreiheit, auch lassen sich die Übungen für beide Fächer bequem zusammenlegen. Dadurch, daß dieser Teil der Kinematik bereits so früh gehört wird, dient er zugleich als Unterlage für gewisse Kapitel der Vorlesung über Maschinenelemente, die im dritten Semester beginnt.

Die Verteilung der theoretischen und der praktischen Kinematik an zwei verschiedene Lehrstühle setzt natürlich eine innige Fühlungnahme zwischen den beiden Dozenten voraus. Aber dafür ist in Darmstadt in genügendem Maße gesorgt.

Die Vorlesung über theoretische Kinematik erstreckt sich in der Regel nur auf die Bewegung eines starren, ebenen Systems in seiner Ebene, also auf Pol und Polkurven, Krümmung der Bahnen, Zusammensetzung der Bewegungen, Geschwindigkeits- und Beschleunigungszustand des Systems. Dabei sind natürlich auch gewisse der Praxis entlehnte Beispiele zur Belebung des Unterrichts unentbehrlich, so das Kurbelgetriebe mit seinen Abarten, die einfachsten Geradführungen und die Verzahnung der Stirnräder.

Die Behandlung des Stoffes ist durchweg rein geometrisch, nicht aus übergroßer Vorliebe für die „Reinheit der Methode", sondern vorwiegend aus didaktischen Gründen, weil der Anfänger auf diesem Wege am leichtesten in das eigentliche Wesen der Sache einzudringen vermag. Der Vortragende weiß sich in dieser Hinsicht einig mit seinen Kollegen der Maschinenbauabteilung, die auf die Verwendung anschaulicher Methoden gleichfalls den größten Wert legen. Das soll aber keineswegs eine Geringschätzung der Analysis bedeuten, die doch auf alle Fälle das bei weitem mächtigste Werkzeug der mathematischen Forschung, auch in den Anwendungsgebieten, bleibt. In der angewandte Mathematik, also auch in der Kinematik, ist schließlic jedes Mittel recht, wenn es nur möglichst einfach zum ge wünschten Ziele führt, und bei der Behandlung eine Problems kommt es ganz auf die Beschaffenheit der Auf gabe an, ob man sie besser analytisch oder geometrisc anfaßt.

In Darmstadt findet sich auch seit einer Reihe vo Jahren immer eine Anzahl von Studierenden des Maschinen baues und der Mathematik, die an der Kinematik soviel Ge schmack gewonnen haben, daß sie eine Fortsetzung de Vorlesung im nächsten Semester wünschen. Vor einer solchen, naturgemäß kleineren Hörerkreise behandelt Geh. Rat Müller je nach der Fachrichtung der Beleger die Theori des Gelenkvierecks von etwas höherem Standpunkte aus dann das Problem der genauen und der angenäherten Gerad führung, wohl auch eine kurze Wiederholung der allgemei nen Theorie der ebenen Bewegung, jetzt aber in analytische Darstellung, vor allem aber die Bewegung eines starrer räumlichen Systems.

Schließlich berichtete Prof. Marx über die Behand lung der Kinematik und Getriebelehre an der Technische Hochschule München. Der Inhalt der Vorlesungen weich von dem an andern Hochschulen etwas ab. Während in Mün chen die Kinematik sich auf Burmester gründet, bau sich die Getriebelehre auf den von Lynen geschaffene Anschauungen auf, durch die eine einheitliche Betrachtung aller denkbaren zwangläufigen Getriebe ermöglicht wird Sie alle sind Kurbelgetriebe, ihre Ordnungsziffer „n" be mißt sich nach der möglichen Anzahl der unabhängig an getriebenen Glieder („Kurbeln"), ihre Gliederzahl is $4n - 2$. Durch Erweiterung oder Kürzung usw. wird dies stets um eine gerade Zahl vermehrt oder vermindert. De Bewegungszustand wird in München ausschließlich au Grund von Vektorgleichungen zeichnerisch dargestellt; di Gleichungen werden in einer solchen Form angesetzt, daß si auch für Sonderfälle und -lagen gelten. Sie gestatten nacl dem Verfahren Lynens vor allem die unmittelbare Auf zeichnung des Bewegungszustandes der Getriebe mit höhere Ordnungsziffer (früher zusammengesetzte Getriebe, Getrieb mit Dreigelenkstangen usw. genannt). Die Getriebedynamil beschäftigt sich mit der Aufstellung der Gleichgewichts bedingungen des Getriebes sowohl unter der Wirkung äußerer Kräfte als auch der Massenkräfte. Die Behandlung erfolgt nach den allgemeinen Grundsätzen der Technische Mechanik; mit Vorteil wird das Seileck verwendet, das i zwei durch kinematische Sonderbedingungen ausgezeichnete Erscheinungsformen auftritt.

Der Unterricht in München sieht sein Ziel in der Er richtung eines Gesamtgebäudes der Kinematik in Überein stimmung mit der Höheren Mathematik, der Physik und de Technischen Mechanik. In den Übungen werden größer Aufgaben aus der Getriebedynamik gelöst. Die Vertiefung in Einzelgebiete ist in dieser Vorlesung gemäß den allge meinen Anschauungen der Technischen Hochschule Münche nicht beabsichtigt; sie müßte besonderen Wahlvorlesunge überlassen werden; dazu fehlt aber gegenwärtig vor allen der Platz; die kinematische Sammlung ist räumlich seh beengt, und die Neubauten sind noch nicht vollendet.

Zu dem Berichte von Marx nahmen insbesondere di Herren Alt, Marx und Skutsch das Wort. Alt wies gegen über der Wittenbauerschen Methode auf die Ermittlung de resultierenden Trägheitskraft hin. Marx hielt es für noch einfacher, nach den allgemeinen Grundsätzen der Mechanik die im Schwerpunkt angreifende Massenkraft und das au dem Produkt von Trägheitsmoment in bezug auf den Schwer punkt mal Winkelbeschleunigung gewonnene Drehmoment getrennt einzuführen und dieses Moment beispielsweis durch ein Kräftepaar darzustellen, dessen Arm die Ent fernung zweier Gelenkpunkte ist. Skutsch bedauerte, daß die sehr brauchbare Poinsotsche Ermittlung der Ersatz massen zwar von Föppl in seinem Lehrbuch erwähnt wird aber nirgends Anwendung findet.

Berlin [M 2484] Dr. Adrian

CHRONIK 1926

(Schluß von Seite 136)

Gesundheits-Ingenieurwesen

Allgemeines Die „Gesolei“, die Große Ausstellung für Gesundheitspflege, soziale Fürsorge und Leibesübungen in Düsseldorf, bot vom Mai bis Oktober Gelegenheit, die neuesten Fortschritte des Gesundheits-Ingenieurwesens der Öffentlichkeit vorzuführen. Die besonderen Fachgruppen für Wasserversorgung, Badewesen und Abfallstoffbeseitigung, die von Stadtverwaltungen, staatlichen Anstalten und Industrie gut beschickt waren, fanden lebhafte Beachtung. — Die Gesundheitsverwaltung des Völkerbundes veranstaltet mit Mitteln der Rockefeller-Stiftung Studienreisen in die verschiedenen Länder. An den bisherigen 8 Studienreisen haben nur Medizinalbeamte, also Ärzte, teilgenommen. Zum ersten Mal ist 1926 eine solche Studienreise nach England ausschließlich für im öffentlichen Dienst stehende Gesundheitsingenieure veranstaltet worden. An der Reise nahmen 17 Vertreter von 17 verschiedenen Ländern teil, als deutscher Vertreter ein Angehöriger der wassertechnischen Abteilung der Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene zu Berlin-Dahlem. Die vom englischen Gesundheitsministerium sorgfältig vorbereiteten Vorträge und Besichtigungen betrafen Wasserversorgungs-, Entwässerungs- und Abwasserreinigungs-Anlagen.

Wasserversorgung Die Typhusseuche in Hannover, die im Herbst 1926 zahlreiche Opfer an Menschenleben gefordert hat, hat der preußischen Regierung Veranlassung gegeben, die Wasserwerkanlagen, insbesondere die Wasserentnahmeanlagen, der größeren preußischen Städte einer genauen gesundheitlichen Prüfung zu unterziehen. Mit der Vornahme dieser Prüfungen ist die Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene zu Berlin-Dahlem beauftragt worden, die durch Mitglieder ihrer hygienisch-bakteriologischen und ihrer wassertechnischen Abteilung diese Prüfungen an Ort und Stelle ausführen läßt.

Chlorung Der Gebrauch von Chlorgas zur Behandlung von Trinkwasser und von Abwasser bürgert sich auch in Deutschland immer mehr ein. Das Chlorgasverfahren wird besonders von Wasserwerken angewendet, die ihren Wasserbedarf aus Grundwasser (in Flußniederungen) decken, das zu gewissen Zeiten, vornehmlich in Hochwasserzeiten, höhere Keimzahlen zeigt. Bei Talsperrenanlagen zur Wasserversorgung ist die Anwendung von Chlorgas zuweilen nicht nur zeitweise, sondern ständig im Gebrauch; die dabei jeweils nötige Chlormenge wird im Verhältnis zur Wassermenge mit Hilfe eines in die Wasserleitung eingebauten Venturirohres selbsttätig geregelt. Für die Behandlung von Badewasser für Schwimmbecken ist das Chlorgasverfahren schon weit verbreitet. Bei der Behandlung von Abwasser dient das Chlor besonders zur Beseitigung üblen Geruches und zur Verminderung der Fäulnis, deren Eintritt sich durch Chlorzusatz auf kürzere oder längere Zeit hinausschieben läßt.

Abwasserbeseitigung Nach einem Zeitraum von vielen Jahren ist in deutscher Sprache wieder ein zusammenfassendes Buch erschienen: Imhoff, Fortschritte der Abwasserreinigung, Heymanns Verlag, Berlin, das innerhalb 1½ Jahren bereits die zweite Auflage[1]) nötig machte. Einen besonderen Fortschritt stellen die biologischen „Tauchkörper“ dar, die im Gebiete des „Ruhrverbandes“ benutzt werden. Dies sind halb ins Wasser von Emscherbrunnen eingehängte, walzenförmige Drehkörper aus Reisig, die nicht wie die bisherigen biologischen Körper in der Luft, sondern im Wasser arbeiten. Sie sind, an ihrer Leistung gemessen, ungewöhnlich billig, dabei frei von Geruch und Insekten. Ihre Reinigungswirkung ist weit höher als die von Absetzbecken und kann als „halbe biologische Reinigung“ bezeichnet werden, die in vielen Fällen ausreichen wird. Wo die beste Reinigung des Abwassers bis zur völligen Klarheit und Fäulnisfreiheit gefordert wird, wird man künftig von den künstlichen Verfahren die Schlammbelebung als bestes und wirtschaftlichstes, das frei von Geruch und Fliegen ist, verwenden.

Straßenreinigung und Müllbeseitigung Außer dem fortschreitenden Ersatz der bisher von Pferden gezogenen Gerätschaften zur Straßenreinigung und Müllbeseitigung durch Kraftwagen[2]) wird auch für kleine Wagen, die bisher von Hand gezogen wurden, neuerdings vielfach der Elektrokarren für die verschiedensten Zwecke benutzt.

[1]) Z, Bd, 70 (1926) S, 1627. [2]) Z. S. 1527.

Reinhaltung der Luft Der Verschlechterung der Luft in den Großstädten durch die Auspuffgase von Kraftwagen sucht man durch Verbesserung der Brennstoffe und der Schmiermittel entgegenzuwirken. Der Bekämpfung der Schäden, die durch Rauch und Abgase von gewerblichen Betrieben der Luft in den Großstädten und den Gebäuden zugefügt werden, wird zunehmende Beachtung geschenkt. Von der Einführung des elektrischen Betriebs für die Berliner Stadtbahn wird ein wesentlicher Erfolg für die Verbesserung der Luft in Berlin erwartet. In gewerblichen Betrieben hat sich die elektrische Gasreinigung eingeführt, durch die nicht nur die groben, sondern auch die feinen Staubteilchen niedergeschlagen werden. Die Bekämpfung der Flugasche, die Verbesserung von Atemschutzgeräten hat Fortschritte gemacht.

[C 2737] Schiele

Heizung

Einzelheizung Das deutsche Ofensetzergewerbe hat in diesem Jahre die Reichsgrundsätze für Kachelofen- und Herdbau aufgestellt. Darin ist die technische Entwicklung der letzten beiden Jahrzehnte mit Bezug auf inneren Ausbau, äußere Formgebung, Baustoff und setztechnische Forderungen festgelegt. Das Bestreben des Gewerbes ist nun darauf gerichtet, an der Hand dieser Grundsätze die Mitglieder zur Hochwertarbeit zu erziehen. Dazu dient außer den verschiedenen Ausbildungskursen vor allem die Arbeitschau, die in einer Selbstprüfung des Gewerbes durch besondre Schaumeister besteht. Diese Arbeitschau ist bereits in Preußen für alle Bauten, die öffentliche Mittel in Anspruch nehmen, vorgeschrieben und könnte für andre Gebiete vorbildlich sein. Ein weiteres Bestreben ist auf Verbilligung gerichtet, wozu erstens die Normung der Kachelmaße und Eisenteile und zweitens die Einführung fertig geschliffener Kacheln durch die Fabriken sowie die Verwendung von kleinen Schleifmaschinen bei den Meistern dienen soll.

Auch bei Eisenöfen hat die technische Entwicklung, die sich während der letzten beiden Jahrzehnte vollzog, zu technisch und wirtschaftlich vollwertigen Öfen für jeden Brennstoff und jeden Zweck geführt. Die Eisenofenindustrie hat nunmehr einfache Grundsätze für die Wahl der richtigen Ofengröße je nach Raumgröße und sonstigen Raumverhältnissen aufgestellt.

Zentralheizung Die im vorjährigen Bericht[1]) erwähnten Radiatoren mit kleinem Wasserraum und kleinem Gewicht haben sich rasch überall eingeführt. Neben den üblichen Kesseln für Koks bauen heute alle Fabriken besondre Kessel für Braunkohlenbriketts und stückige Braunkohle. Für die Verwendung von Gas und flüssigen Brennstoffen in Zentralheizungskesseln gibt es einwandfrei arbeitende Sonderkonstruktionen. Dagegen ist vor dem nachträglichen Ändern von Kokskesseln durch Einbau von mehr oder minder behelfsmäßigen Brennern zu warnen. Wirtschaftlich ist die Verwendung von Öl und Gas jedoch nur in ganz wenigen Gegenden.

Städteheizung Das Interesse an der Fernversorgung mit Wärme (Städteheizung)[2]) hat im vergangenen Jahr erheblich zugenommen, vor allem durch den Bau der Fernheizwerke Charlottenburg[3]), Leipzig und Braunschweig. Über die Erfahrungen beim Bau und Betrieb dieser Werke kann noch nicht berichtet werden.

[C 2736] Gröber

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 169. [2]) Z. S. 1511, 1713. [3]) Z. S. 1520.

Lichttechnik

Strahlung und Leuchtung Das sehnlichst erstrebte Ziel, den Schwarzen Körper zum Einheitsleuchter zu machen, haben Brodhun und Hoffmann[1]) durch sorgfältige Verbesserungen an dem bekannten Modell der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erreicht oder nahezu erreicht. Die strahlungstheoretischen Untersuchungen sind nicht so zahlreich wie im vorigen Jahre, sie erstrecken sich hauptsächlich auf die Energiekurven und Strahlungskonstanten beim Platin[2]), Wolfram[3])

[1]) Z. f. Phys. 1926 S. 137.
[2]) W. Geiß, Physica, Bd. 5 (1925) S. 203.
[3]) H. Alterthum, Braunschweig 1925; A. G. Worthing u. W. E. Forsythe, Elektr. u. Maschinenbau (E. u. M.), Bd. 44 (1926) Lichttechnikbeilage S. 50.

und den Flammen[4]), hauptsächlich der Azetylenflamme[5]), die man in Amerika wegen ihrer hohen Leuchtdichte als Vergleichslichtquelle bei spektralphotometrischen Arbeiten gern benutzt. Die Entwicklung der Glühlampe ist zu einem gewissen Abschluß gekommen[3]),[6]). Die Absicht, durch allgemeine Einführung der Wendeldrahtlampe (N-Lampe) die Zahl der Typen zu vermindern, scheint sich nur langsam durchzusetzen. Der schon ziemlich verbreiteten Opal-Lampe sucht sich eine innenmattierte Lampe[7]) an die Seite zu stellen. Die sehr wichtige Frage nach der Brenndauer der Glühlampen wird durch Veröffentlichungen außerordentlich umfangreicher Versuche (30 000 Glühlampen) endlich wieder einmal öffentlich behandelt[8]). Von neuen Glühlampenkonstruktionen ist die sogenannte Bilux-Lampe[9]) der Firma Osram G. m. b. H. mit zwei umschaltbaren Leuchtsystemen für Automobilscheinwerfer für freie Fahrt und Abblendung bemerkenswert. Die Hochleistungsglühlampe[10]) für Verwendung in der Kinotechnik ist weiter ausgebildet.

Die Wolfram-Bogenlampe[11]) ist theoretisch genauer untersucht und praktisch vervollkommnet. Es hat sich gezeigt, daß sie zu Ausbleichversuchen[12]) an Farbstoffen besser tauglich ist als andre künstliche Lichtquellen. Auch über den Kohlenlichtbogen liegen neue Untersuchungen[13]) vor, die zum Teil darauf hinauslaufen, die Leuchtdichte des Kraters[14]) zu steigern. Die im vorigen Jahr eingeführte neue Bogenlampe von Körting & Mathiesen[15]) wird genauer beschrieben. — Mit der Verwendung der Glimmentladung in der Leuchttechnik, auf die man früher so große Hoffnungen setzte, geht es trotz zahlreicher physikalischer Untersuchungen[16]) immer noch nicht recht voran. — Die wichtigen Untersuchungen[17]) an diffus durchlässigen Gläsern sind eifrig fortgesetzt und die schwierige Aufgabe ihrer Charakterisierung und Klassifizierung[18]) der Lösung näher gebracht. — Die Geleuchte haben sich der Eigenart der Glühlampe mehr angepaßt[19]) und nach ihrer künstlerischen Seite[20]) entwickelt. Der Einfluß ihrer Verstaubung ist von neuem untersucht worden[21]).

Groß und mannigfaltig ist der Aufschwung der Leuchtung im Lichtsignalwesen[22]) und der Lichtreklame[23]). — Das Gaslicht[24]) behauptet sich in der Straße; das Azetylenlicht[25]) als Notlicht.

Lichtmessung und -bewertung Neue Photometer sind ausgebildet zur Messung sehr niedriger Lichtstärken[26]) und zur Messung des Tageslichtfaktors[27]). Die tragbaren Beleuchtungsmesser sind durch eine neue Konstruktion von Twerdy[28]) vermehrt. Die in der Herstellung schwierige Ulbrichtsche Kugel sucht Gehlhoff[29]), wie vor ihm die Engländer, durch eine eckige Bauart zu ersetzen. Großer Fleiß wird auf die heterochrome Photometrie[30]) verwendet, und dabei die neueren Erfahrungen der Physiologie berücksichtigt. Bloch[31]) hat sein Verfahren zur Bestimmung der Licht- und Körperfarben weiter ausgearbeitet und bezieht sich dabei auf die Ostwaldsche Farbenskala. Daß auch an der objektiven Photometrie[32]) fleißig weiter gearbeitet ist, entspricht einem praktischen Bedürfnis.

Eine sorgfältige Zusammenstellung der lichttechnischen Fachausdrücke[33]) in Amerika gibt vielleicht in Deutschland zu einer gleichen Arbeit Anregung. — Teichmüller[34]) macht darauf aufmerksam, daß die photometrischen Grundgesetze nur für das physikalisch verstandene Licht gelten, und zieht daraus wichtige praktische Folgerungen.

Lichtphysiologie Die Physiologie des Sehens setzt sich als eine Grundlage der Lichttechnik[35] mehr und mehr durch. Die Sehgeschwindigkeit und „Sehsicherheit"[36]) in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke, die Sehschärfe und Lesegeschwindigkeit[37]) in Abhängigkeit von der Lichtfarbe, ebenso die Blendung[38]) in derselben Abhängigkeit werden genauer untersucht. Ruffer[39]) hat seine Untersuchungen über die Abhängigkeit der Arbeitsleistung von der Beleuchtungsstärke fortgesetzt und ist dabei zu dem auffallenden Ergebnis gekommen, daß für gewisse Arbeiten eine Beleuchtungsstärke von einigen tausend Lux zu empfehlen ist. — Ein Vortrag von Holtzmann[40]) bringt eine wertvolle Klärung über wahre und vermeintliche Augenschädigungen durch Licht.

Beleuchtung Für das Beleuchtungsproblem ist kennzeichnend, daß es sowohl vom theoretischen Standpunkt aus von neuem sorgfältig und erfolgreich in Angriff genommen ist (insofern vor allem auch der Begriff der Raumbeleuchtung[41]) herausgearbeitet wurde), als auch vom praktischen Standpunkt aus unter verständiger Scheidung der besonderen Aufgaben [Beleuchtung in der Textilindustrie[42]), von Bildergalerien[43]), Postämtern[44]), Treppenhäusern[45]) usw.[46])] behandelt und gefördert ist. Sehr verdient hat sich die Tagung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Essen gemacht durch die Behandlung der natürlichen Beleuchtung von Innenräumen[47]); das hierbei vorkommende Problem der Beleuchtung durch große Leuchtflächen behandelten Ondracek und Fock[48]). Mit der Eigenart des Zwielichtes beschäftigten sich Ferree und Rand[49]).

Die Straßenbeleuchtung war das Thema des DBG Jahrestages in München 1925; die Vorträge[50]) brachten eine vorläufige Klärung. Auch anderweitig wird diese Aufgabe[51]) und der verwandten Aufgabe der Bahnhofsbeleuchtung[52]) erneut Aufmerksamkeit entgegengebracht. — Die bisher rein empirisch entwickelte Technik der Bühnenbeleuchtung[53]) beginnt sich die Kenntnisse der neuzeitlichen Lichttechnik zunutze zu machen. — Der Wert des Flutlichtes[54]) (Floodlighting) wird auch in Deutschland jetzt mehr anerkannt und praktisch durchgeführt. Neue Beziehungen zwischen Architektur und Lichttechnik findet Teichmüller in dem, was er (zuerst in seiner Ausstellung in Düsseldorf) mit Lichtarchitektur bezeichnet hat. Den großen Schwierigkeiten, die der Automobilscheinwerfer im Straßenverkehr bereitet, sucht Halbertsma[55]) da[...]

[4]) A. Schack, Z. f. techn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 556.
[5]) W. E. Forsythe & F. E. Cady, Bull. Nela Res. Labor. Bd. 1 (1925) S. 551.
[6]) F. Knepper, Hachmeister & Thal, Leipzig 1926.
[7]) El. World Bd. 87 (1926) S. 431.
[8]) G. Peri, L'Elettrotecnica Bd. 13 (1926) Nr. 26 S. 117.
[9]) M. Anschütz, E. u. M. Bd. 46 (1926) Lichttechnikbeilage S. 43.
[10]) O. Reeb und F. Bobek, „Licht und Lampe" (L. u. L.) 1926 S. 523.
[11]) N. A. Halbertsma, The Ill. Eng. Bd. 14 (1926) S. 43; S. H. Anderson u. G. G. Kretschmar, Phys. Rev. Bd. 26 (1925) S. 33.
[12]) E. Hochheim u. E. Knebel, Mell. Textilber. Bd. 6 (1925) S. 912.
[13]) R. Seeliger, Phys. Z. Bd. 27 (1926) S. 22 und ETZ Bd. 47 (1926) S. 1153.
[14]) H. Herbst, L. u. L. 1926 S. 827.
[15]) G. Laue, ETZ Bd. 47 (1926) S. 1445.
[16]) ETZ Bd. 47 (1926) S. 654; M. F. Moore, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 21 (1926) S. 176.
[17]) Zschimmer, K. Hesse, L. Stoeß, Sprechsaal Bd. 58 (1925) S. 513; A. Sonnefeld, L. u. L. 1926 S. 120.
[18]) M. Pirani u. H. Schönborn, L. u. L. 1926 S. 458.
[19]) E. Schütz, L. u. L. 1926 S. 830; The Ill. Eng. Bd. 13 (1925) S. 333.
[20]) G. Schmidt, L. u. L. 1926 S. 871.
[21]) H. Lingenfelser, L. u. L. 1926 S. 556.
[22]) E. Zschimmer, Z. M. Grisar, H. Mees, Z. f. techn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 290; Buddenberg, L. u. L. 1926 S. 791.
[23]) O. Gerhardt, L. u. L. 1926 S. 77; P. Schubert, ETZ Bd. 47 (1926) S. 475; O. Gerhardt, AEG-Mitteilungen 1926 S. 83.
[24]) W. Bertelsmann, L. u. L. 1926 S. 363/455; J. Ondracek, E. u. M. Bd. 46 (1926) Lichttechnikbeilage S. 109.
[25]) K. Thimm, „Gas- und Wasserfach" Bd. 69 (1926) S. 133.
[26]) E. Karrer u. A. Poritsky, Z. f. techn. Phys. Bd. 6 (1925) S. 266; A. Blondel, The Ill. Eng. Bd. 18 (1926) S. 237.
[27]) A. K. Tailor, Naturw. Bd. 13 (1925) S. 152.
[28]) O. Twerdy, L. u. L. 1926 S. 770.
[29]) G. Gehlhoff, L. u. L. 1926 S. 428.
[30]) A. H. Taylor, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 21 (1926) S. 804; C. Schaefer, Phys. Z. Bd. 26 (1925) S. 908; I. Guild, Naturw. Bd 13 (1925) S. 151.
[31]) L. Bloch, L. u. L. 1926 S. 684.
[32]) L. Behr, Journ. Opt. Soc. Bd. 10 (1925) S. 288; I. Koppel L. u. L. 1926 S. 203; C. H. Sharp u. C. Kinsley, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 21 (1926) S. 171; J. Plotnikow, Z. f. techn. Phys. Bd. 6 (1925) S. 528 und Bd. 7 (1926) S. 356; W. I. H. Moll, Z. f. techn. Phys. Bd. 6 (1925) S. 196; T. S. Price, Phys. Ber. Bd. [...] (1926) S. 707.
[33]) K. H. Kuckuck, L. u. L. 1926 S. 42.
[34]) J. Teichmüller, L. u. L. 1926 S. 165.
[35]) J. Teichmüller, Z. Bd. 70 (1926) S. 1681 und Z. f. techn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 635.
[36]) P. E. Cobb, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 20 (1925) S. 253 und Bull. Nela. Res. Labor. 1925 S. 683.
[37]) A. Korff-Petersen u. M. Ogata, L. u. L. 1926 S. 41; M. Luckiesh u. F. K. Moß, Journ. Opt. Soc. Bd. 10 (1925) S. 275.
[38]) F. Bendford, Gen. El. Rev. Bd. 28 (1925) S. 707; M. Luckiesh, A. H. Taylor u. L. L. Holladay, Journ. Opt. Soc. Bd. 11 (1926) S. 311.
[39]) W. Ruffer, L. u. L. 1926 S. 487.
[40]) Holtzmann, L. u. L. 1926 S. 276.
[41]) J. Ondracek, E. u. M. Bd. 44 (1926) Lichttechnikbeilage S. 9.
[42]) E. Baltz, Siemenszeitschrift 1925 S. 590.
[43]) W. T. Walsh, The Ill. Eng. Bd. 19 (1926) S. 193.
[44]) I. E. Ives, The Ill. Eng. Bd. 19 (1926) S. 221.
[45]) E. Neumann, G. Paul, Verlg. Hachmeister & Thal.
[46]) C. T. Payn, El. Rev. Bd. 97 (1925) S. 204.
[47]) A. Korff-Petersen, L. u. L. 1926 S. 718; H. Lux, L. u. L. 1926 S. 721; K. H. Tischer, L. u. L. 1926 S. 863; Hg. Frühling, L. u. L. 1926 S. 895.
[48]) J. Ondracek, E. u. M. Bd. 44 (1926) Lichttechnikbeilage S. 93; V. Fock, Z. f. Phys. 1925 S. 102.
[49]) C. E. Ferree u. G. Rand, Trans. Ill. Eng. Soc. Bd. 21 (1926) Nr. 6.
[50]) W. Wißmann, L. u. L. 1926 S. 271; E. R. Mylo, L. u. L. 1926 S. 331; W. Berthelsmann, L. u. L. 1926 S. 363.
[51]) O. Schneider, L. u. L. 1926 S. 553; J. Ondracek, E. u. M. Bd. 44 (1926) Lichttechnikbeilage S. 109.
[52]) E. Schütz, L. u. L. 1926 S. 830.
[53]) E. Auerbach, ETZ Bd. 47 (1926) S. 489; A. v. Engel, Hachmeister & Thal, 1926.
[54]) Adolph, ETZ Bd. 47 (1926) S. 47 und L. u. L. 1926 S. 687.
[55]) N. A. Halbertsma, E. u. M. Bd. 44 (1926) Lichttechnikbeilage S. 101.

durch zu begegnen, daß er ein Verfahren für die Messung der Blendung angibt, das später der Königliche Holländische Automobilklub seinen Vorschriften zugrundelegt.

Aufklärungsarbeit und Lichtwirtschaft Als wirkungsvolle Aufklärungsarbeit ist die vom Lichttechnischen Institut der Karlsruher Technischen Hochschule veranstaltete Lichttechnische Ausstellung auf der Gesolei zu werten. — In das Gebiet der Lichtwirtschaft sind die Arbeiten von Weigel[56]): „Das Licht als Werkzeug", und Lux[57]): „Gutes Licht — gute Arbeit", zu zählen, vor allem aber die programmatischen Vorträge von Jensen[58]) und die nachfolgenden Aufsätze von Koch[59]) und Arnold[60]). Auch viele von den unter der Überschrift „Lichtphysiologie" aufgeführten Arbeiten verdienen die Aufmerksamkeit der Lichtwirtschaftler. [C 21] Teichmüller

[56]) R. G. Weigel, L. u. L. 1926 S. 303.
[57]) H. Lux, E. u. M. Bd. 44 (1926) Lichttechnikbeilage S. 61.
[58]) C. P. Jensen, ETZ Bd. 47 (1926) S. 960.
[59]) H. Koch, E. u. M. Bd. 44 (1926) Lichttechnikbeilage S. 117.
[60]) A. G. Arnold, Helios Bd. 32 (1926) S. 129.

Gewerblicher Rechtsschutz

Gesetzgebung und Rechtsprechung Die Pläne der Erneuerung der deutschen Gesetzgebung haben zunächst zu dem Gesetz vom 1. Februar 1926 geführt, wodurch das Einspruchverfahren in Patentsachen wieder der Anmeldeabteilung zugewiesen wird. Die Ausführungsverordnung empfiehlt den Abteilungen merkwürdigerweise, ein rechtskundiges Mitglied heranzuziehen, wenn besondre rechtliche Schwierigkeiten auftreten. Weiter werden durch das neue Gesetz die Prüfstellen und Abteilungen entsprechend § 571 Zivil-Prozeß-Ordnung angewiesen, einer Beschwerde ohne Weitergabe selbst abzuhelfen, wenn sie die Beschwerde für begründet halten. Endlich wird im Patentamt ein großer Senat gebildet, der entscheiden soll, wenn eine Beschwerdeabteilung in einer grundsätzlichen Frage von der Entscheidung einer andern Beschwerdeabteilung oder des großen Senats abweichen will. Bisher ist es noch zu keiner Entscheidung des großen Senats gekommen, obwohl reichlich Gelegenheit wäre, ihn anzurufen. Die Fassung der bezüglichen Bestimmungen ist aber wenig glücklich und hemmt ihre Benutzung.

Gleichzeitig mit dem erwähnten Gesetz ist am 1. April 1926 ein neues Gesetz über die patentamtlichen Gebühren in Kraft getreten. Die Jahresgebühren für Patente sind erheblich herabgesetzt, besonders für die ersten Jahre; die Zusatzpatente sind wieder wie früher gebührenfrei, bei den Gebrauchsmustern ist man zu den Vorkriegsätzen zurückgekehrt; auch sonst ist der Tarif sehr angemessen. Er beseitigt mindestens den Grund zu dringenden Klagen über zu hohe Gebühren. Das Patentamt hat aber trotz vielfacher Mißbilligung bei vorzeitiger Bezahlung von Gebühren zu dem früheren Tarif die Rückzahlung des Unterschieds aus Rechtsgründen abgelehnt, die wohl zutreffen, die man aber hätte ausschalten können.

Die Bestimmungen über Zwanglizenzen bei Patenten werden allmählich stärker benutzt. Zwanglizenzen dürfen nur erteilt werden, wenn sie im öffentlichen Interesse geboten sind. Das Reichsgericht hat in einer Entscheidung vom 11. März 1926 als öffentliches Interesse die Aufrechterhaltung eines größeren Betriebes bezeichnet. Diese Begründung ist entschieden abzulehnen, weil sie auf jeden Verletzer eines Patentes zutrifft; die Größe des Betriebes macht keinen Unterschied.

Mehr und mehr kommen die Gerichte zu der Erkenntnis, daß die Schadenersatzbestimmungen im gewerblichen Rechtsschutz nicht durch die Schwierigkeit, den Schaden abzuschätzen, unwirksam gemacht werden dürfen. In einer Strafentscheidung vom 3. Dezember 1925 hat das Reichsgericht darüber treffende Grundsätze aufgestellt. Auch auf dem Gebiete des unlauteren Wettbewerbs werden die gerichtlichen Urteile schärfer. Ob sie nicht schon die angemessene Grenze überschreiten und manche von den Urteilen mehr Verständnis für die Notwendigkeit des Wettbewerbs zeigen sollten, sei dahingestellt.

Das Gespenst des „sklavischen Nachbaues" von Maschinen und andern Waren scheint durch die Verhandlung des Deutschen Vereins für den Schutz des gewerblichen Eigentums vom 15. April 1926 endgültig in das Nichts zurückgesandt zu sein. Auf diesem Gebiete heißt es: „Was nicht verboten ist, ist erlaubt." Technische Gedanken können nur durch Patent oder Gebrauchsmuster geschützt werden.

Internationaler Rechtsschutz Das Deutsche Reich hat im Dezember 1922 mit dem Beitritt zur internationalen Markeneintragung gegen 26 000 Marken ungeprüft übernommen. Durch die Beschwerdeabteilung des Patentamtes ist jetzt entschieden worden, daß auch bei der Erneuerung dieser Marken ihre Nachprüfung unzulässig ist. Die Entscheidung ist zweckmäßig; denn die Zahl der ungeprüften Marken dürfte in den nächsten zwanzig Jahren auf ungefähr den zehnten Teil zusammenschrumpfen, und dieser Rest dürfte mit wenigen Ausnahmen jeder Prüfung standhalten.

Im Oktober 1926 tagte in Bern eine Versammlung der Vertreter der Patentämter, um technische Vereinbarungen zu treffen. Erhebliche Fortschritte scheinen dabei nicht gemacht worden zu sein. Von den wichtigsten Punkten einer gemeinsamen Einteilung der Gegenstände der Technik und der Waren des Handelsverkehrs ist der erste ein frommer Wunsch geblieben, der zweite einem Unterausschuß übergeben worden; das scheint einen Fortschritt einzuleiten.

Der deutsch-russische Handelsvertrag ist am 12. März 1926, der deutsch-lettische Wirtschaftsvertrag vom 28. Juni 1926 ist am 1. Dezember 1926 in Kraft getreten. Er gewährt auch auf dem Gebiete des gewerblichen Rechtsschutzes gegenseitige Meistbegünstigung.

Ausland Die Gesetzgebung ist nicht nur in Deutschland, sondern auch im Ausland in lebhaftem Fluß. In Rußland ist ein neues Warenzeichengesetz in Kraft getreten. Lettland hat anläßlich des Ausscheidens aus dem Madrider Markenabkommen zweckmäßige und entgegenkommende Übergangsbestimmungen erlassen. Polen hat ein neues Wettbewerbgesetz und ein neues inhaltlich bemerkenswertes Urheberrechtgesetz erlassen. Frankreich hat seine Patentgebühren dem Sinken seiner Währung angepaßt. Man arbeitet dort an einer Reform des Patentgesetzes, will aber von dem Hinterlegungsverfahren nicht abgehen. In Italien ist ein neues Urheberrechtgesetz erschienen; auch ist man dazu übergegangen, Patentschriften zu drucken. Die Schweiz hat die Wiedereinsetzung in den früheren Stand in die Gebührenbestimmungen des Patentgesetzes aufgenommen. Griechenland verbietet die Erteilung von Patenten auf Arzneien.
[C 20] F. Neubauer

Technische Physik

Festigkeit Aus der Fülle der Arbeiten über Festigkeitsfragen sei eine von Gehlhoff und Thomas[1]) herausgegriffen, die Versuchsgläser von gleichmäßig geänderter Zusammensetzung auf fast alle mechanischen Eigenschaften untersucht und u. a. gefunden haben, daß durch die Zusammensetzung des Glases die Zerreiß- und Biegungsfestigkeit im gleichen Sinne, die Druckfestigkeit in entgegengesetzter Weise beeinflußt werden.

Zähigkeit Auch die Zähigkeit von Gläsern haben die gleichen Forscher untersucht. Besonders bemerkenswert sind auch die Zähigkeitsmessungen an flüssigem Eisen nach dem Pendelverfahren von Oberhoffer und Wimmer[1a]), die neue Fortschritte z. B. bei der Ausführung des Thomasverfahrens einzuleiten scheinen.

Lagerreibung Ein neuartiges Verfahren zur Beurteilung der Lagerschmierung haben Schering und R. Vieweg[2]) ausgearbeitet. Sie betrachten das Lager bei Vollschmierung als einen elektrischen Kondensator, dessen beide Belege der Zapfen und die Lagerschale sind und dessen Dielektrikum das Öl ist. Aus der Kapazität des Kondensators wird auf die Dicke der Ölschicht geschlossen.

Turbulente Strömung Jakob und Kretzschmer haben ihre Staurandmessungen bis zu 1000 mm Rohrdurchmesser fortgesetzt, nachdem das vorläufige Ergebnis der Messungen bis 600 mm Rohrdurchmesser in der zweiten Auflage der Regeln für Leistungsmessungen an Ventilatoren und Kompressoren (VDI-Verlag 1926) mitgeteilt worden war. Eine wichtige Arbeit über Grenzschichtabsaugung stammt von Ackeret[3]). Hiernach ist es möglich, durch Wegsaugen der Grenzschicht nach dem Innern des einer Strömung ausgesetzten Körpers die Ablösung der Strömung von der Wand auch bei Druckanstieg zu verhindern. Durch Absaugen an einem Tragflügel kann so z. B. der Auftrieb verdreifacht werden; der Wirkungsgrad eines Diffusors wird durch den gleichen Kunstgriff verbessert.

Schwingungen Der zur Förderung der Schwingungsforschung im V. d. I. gegründete Ausschuß hielt im Mai 1926 eine Tagung in Jena ab, über deren Ergebnisse Adrian[4]) berichtet hat.

Ein bemerkenswertes Gerät zur Analyse des Pulsrhythmus hat Goldschmidt[5]), der Erfinder der Hochfrequenzmaschine, angegeben und „Pulsresonator" genannt. Dabei wird durch den zu untersuchenden Puls des Men-

[1]) Z. f. techn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 105. [1a]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 969; s. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 55.
[2]) „Petroleum" 1926 Nr. 1 S. 9. [3]) Z. S. 1153. [4]) Z. S. 1017.
[5]) F. Kraus, R. Goldschmidt und S. Seelig, Z. f. d. ges. experiment. Medizin Bd. 53 (1926) S. 243.

schen ein elektrischer Stromkreis geschlossen und geöffnet, der elektromagnetisch von einer Anzahl von Pendelchen mit verschieden hoher Eigenschwingung eines zur Resonanzschwingung veranlaßt. Die mit diesem Gerät aufgenommenen Pulskurven spiegeln die leisesten Einflüsse auf die Herztätigkeit wider.

Akustik Auf dem Gebiet der akustischen Schwingungen ist auf einen Schallmesser für die Praxis hinzuweisen, den Barkhausen[6]) erdacht hat und der irgendwelche Geräusche bezüglich ihrer Schallstärke in einfachster Weise mit einem Normalgeräusch zu vergleichen gestattet, das durch einen Summer in einem Telephon erzeugt wird. Barkhausen hat auch ein praktisches Maß für die Schallmessung vorgeschlagen, das er nach dem bekannten Physiker „Wien“ nennt. Das Geräusch eines Automobilmotors mit der Drehzahl 2000 soll z. B. 64 000 Wien betragen, d. h. das auf gleiche Schallstärke eingestellte Geräusch im Summer würde erst bei 64 000facher Schwächung des Telephonstromes unhörbar. Eine Kreissäge verursachte einen Lärm von 16 000 Wien; das Fortissimo der Musik läge bei 1000 Wien, das Geräusch einer Drehbank bei 125 Wien, das Pianissimo bei 4 Wien. Den log (Wien) zur Basis 2 will Barkhausen „Phon“ nennen. Die oben genannten Schallstärken würden dann der Reihenfolge nach 16, 14, 10, 7 und 2 Phon entsprechen. 0 Phon = 1 Wien wäre die untere Grenze der Hörbarkeit.

Elektrische Schwingungen Daß die Verwendung der kurzwelligen elektrischen Schwingungen für Zwecke der drahtlosen Nachrichtenübermittlung im Jahre 1926 außerordentlich zugenommen hat, ist so bekannt, daß ein Hinweis genügen dürfte. Auch die weiteren Fortschritte in der Bildübertragung mit der Karoluszelle seien nur erwähnt[7]). Eine Voraussetzung für derartige Bildübertragung ist der vollkommene Synchronismus der Sende- und Empfangsanlage. Man kann heutzutage diese Anlagen stundenlang auf $^1/_{100000}$ genau gleich schnell schwingen lassen.

Wärme Der Ausschuß für Wärmedurchgang im V. d. I., der inzwischen zu einem Ausschuß für Wärmeforschung erweitert worden ist, hielt im Januar 1926 eine Sitzungsreihe in Berlin ab[8]). Bei dieser Gelegenheit hat Nägel über Untersuchungen der Wärmebewegung in der Gleichstrom-Dampfmaschine und Eichelberg über die in der Dieselmaschine berichtet[9]).

Von thermometrischen Arbeiten sei die von Wenzl und Schulze[10]) über die Ausbildung des Durchflußpyrometers für Temperaturen bis 1000 °C erwähnt. Über den Stand der Erforschung der Gasstrahlung und ihre Bedeutung für die Praxis hat Schack[11]) bemerkenswerte Beiträge geliefert. Er hat jetzt auch die Strahlung leuchtender Kohlenwasserstoff-Flammen berücksichtigt. Von praktischen Arbeiten auf diesem Gebiet sei auf die Versuche an einem Winderhitzer von Neumann, Schack, Kühn und Franzen[12]) hingewiesen.

Optik Von optischen Arbeiten soll nur die Herstellung starker Verkleinerungen nach einem Verfahren von Goldberg[13]) erwähnt werden. Dabei wird eine mikroskopische Einrichtung mit Lichteinfall von der Okularseite und eine Art Auskopieremulsion für die Aufnahme verwendet. Man soll mit diesem Verfahren hundert kleinere Druckseiten auf 1 cm² unterbringen können.

[C 45] Max Jakob.

[6]) H. Barkhausen, Z. f. techn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 599.
[7]) Fr. Schröter, Z. Bd. 70 (1926) S. 725; Z. f. techn. Phys. S. 417 u. 725.
[8]) M. Jakob, Arch. f. Wärmewirtsch. Bd. 7 (1926) S. 90.
[9]) s. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 429.
[10]) Mitt. d. Wärmestelle d. Ver. deutsch. Eisenhüttenleute Nr. 92 (1926) S. 649. [11]) Z. f. techn. Phys. S. 556.
[12]) Mitt. d. Wärmestelle d. Ver. deutsch. Eisenhüttenleute Nr. 82 (1926) S. 499. [13]) Z. f. techn. Phys. S. 500.

Angewandte Mathematik und Mechanik

Wichtigere Ereignisse auf dem Gebiete der angewandten Mathematik und Mechanik sind im abgelaufenen Jahre nicht zu verzeichnen. Unter den zahlreich erschienenen Lehrbüchern und Einzelschriften heben sich keine besonders hervor. In Zürich hat der Zweite internationale Kongreß für technische Mechanik unter sehr starker Beteiligung aller Länder stattgefunden[1]). Es wurden mehr als 70 Vorträge gehalten, darunter fast die Hälfte in deutscher Sprache. Wie schon in den letzten Jahren, wurden Fragen der Hydromechanik, namentlich im Zusammenhang mit dem Turbulenzproblem, und Forschungen in der Festigkeitslehre in der Richtung eines Zusammenhangs mit der Strukturtheorie der Materie vorwiegend behandelt. Daneben beschäftigte sich auch ein großer Teil der Vorträge mit den Aufgaben der Festigkeitslehre im älteren Sinne.

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 69.

Es läßt sich feststellen, daß die Beteiligung der In genieure an den Aufgaben der Forschung im Wachsen be griffen ist. Dem entspricht die ständige Vermehrung de Angebots an brauchbaren Arbeiten, die aus den Ingenieu laboratorien sowohl der Hochschulen wie auch der Industr hervorgehen. Anderseits macht sich vielfach das Bedürfn nach vertiefter wissenschaftlicher Ausbildung eines engere Kreises von Forschungsingenieuren geltend, ein Bedürfni dem noch nicht in allen Punkten Rechnung getragen z sein scheint. [C 3] Mises

Normung

Nachdem die Arbeiten für allgemeine Maschinenteil größtenteils abgeschlossen waren, sind die Fortschritte de letzten Jahres in erster Linie auf dem Gebiet der Fach normen zu verzeichnen. Die Normung ist über den enge Kreis der Industrie hinaus weiter in die Wirtschaft ei gedrungen und wird in ihrer vollen Bedeutung nunmeh auch vom Handel und vom Verbraucher erfaßt. Daraus e gab sich, den Namen des „Normenausschusses der deutsche Industrie“ dem erweiterten Tätigkeitsbereich anzupasse und ihn in „Deutschen Normenausschuß“ umzuwandeln.

Werkstoffnormen Eine Erweiterung ist durch die Nor men für Eisenbahnschienen un -schwellen eingetreten, auch liegt jetzt ein Entwurf fü Gußeisen vor. Dann sind Entwürfe der Lieferbedingunge für Halbzeug aus Nichteisenmetallen, und zwar für Kupfe und Messingvollprofile, Messingbleche und Messingrohr aufgestellt.

Maschinenteile Die Einführung der 0,8 d hohen Mutte an Stelle der 1 d hohen Mutter, die be reits vor der Normung allgemein üblich war, ist be merkenswert.

Werkzeug und Werkzeugmaschinen Die Normen für Werkzeugbefest gung sind zum Abschluß gekom men, und zwar für Bohrmaschine Wagerechtbohrwerke (Querkeilbefestigung), Fräsmaschine Pressen (Preßzapfenanschlußmaße) und Gesenkanschluß maße.

Rohre, Flansche und Ventile Infolge des Abschlusses der Norme bis Nenndruck 40[1]) wurden der Öffent lichkeit über 100 Normblätter über geben. Neu aufgenommen ist die Normung für Nenndruc 64 und 100. Auch mit der Normung der Kleingas- un Wasserarmaturen und der der Rippenrohre ist begonne worden.

Bauwesen Die Bildung der Arbeitsgemeinschaft fü Rationalisierung im Bauwesen und de Reichsausschusses für Typenhausbau hat die Einführun der Normen in der Praxis erheblich gefördert. Die Au nahme der Normalprofile der Normalprofilbuch-Kommissio ins Normensammelwerk ist vollzogen. Aufgenommen un teilweise abgeschlossen sind die Normen für Bau und Be trieb von Grundstücks-Ent- und -Bewässerungsanlagen. Di Normung der Lastaufzüge ist beendet, die für Personenau züge in Angriff genommen. Ganz oder teilweise a geschlossen sind ferner die Grundlagen für Berechnung fre stehender Schornsteine, Nägel und Drahtstifte sowie Prü siebe. Die Arbeiten für den Bergbau sind ausgedehnt au Förderung, Bewetterung und Berieselung.

Elektrotechnik Hier sind besonders die Arbeiten fü Rundfunkgerät und Schraubstöpselsiche rungen hervorzuheben.

Lokomotivbau Der Abschluß der Grundnormen un Einzelteile ist zu verzeichnen und di Aufnahme der Arbeiten an zusammenhängenden Konstruk tionsgruppen.

Weitere Gebiete Bemerkenswert ist die Belebung de Normungsarbeiten in der Textil industrie, die das gesamte Gebiet vom Textilmaschinen bau bis zum Einzelhandel umfassen. Auch die Arbeiten fü landwirtschaftliche Maschinen sind mit Erfolg wieder aufgenommen worden. Ferner haben die Arbeiten auf dem Gebiete des Fahrradbaues nunmehr begonnen.

Normung im täglichen Leben Mit der Aufnahme der Arbeiten a hauswirtschaftlichen Geräten, Labora toriumsgeräten, Schreibmaschinen, Kof fern, Schuhkartons, Konservenbüchsen, Flaschen, Karton und Kisten für Textilwaren ist die Normung jetzt bis i das weite Gebiet der Gegenstände des persönlichen Bedarfe übergetreten. Aus der Normung im Krankenhauswesen, die sämtliche zur Krankenpflege erforderliche Gegenstände umfaßt, sei besonders auch auf die Normung ärztlicher Instrumente hingewiesen.

[1]) s. DIN 2401.

Die Gesamtzahl der bezugfertigen Normblätter beträgt ...tzt 1709 gegenüber 1235 im Vorjahre. Eine ausführliche ...bersicht über den Stand der Arbeiten und die erzielten ...ortschritte ergibt das halbjährlich erscheinende Normblatt...erzeichnis (Beuth-Verlag, Berlin). [C 66] Gramenz

Metallhüttenwesen[1])

Platin Unter den Edelmetallen interessieren in erster Linie Platin und dessen reiche Funde in Trans...aal. Leider hat sich inzwischen herausgestellt, daß das ...orkommen in der Hauptsache an Kiese gebunden ist, welche ...as Platin als Arsenid (Sperrylit) enthalten, und daß mit ...en gebräuchlichen Aufbereitungsmethoden nur eine für ...ie Weiterverarbeitung durchaus ungenügende Konzentra...on zu erzielen ist. Jedenfalls ist vorläufig bis zur Ge...innung eines marktfähigen Metalls mit recht erheblichen ...erlusten zu rechnen.

Kupfer In der Kupfergewinnung sind die im letzten Bericht[2]) erwähnten Bestrebungen die gleichen ...eblieben. Nach Mitteilung eines amerikanischen Werkes ...t es dort gelungen, die Konzentrate ohne Röstung direkt ...n Flammofen auf Stein zu verschmelzen. Sie werden feucht ...ngesetzt, so daß die durch den Feuchtigkeitsgehalt be...irkte Schmelzverzögerung genügt, um die gewünschte Ent...chwefelung in der oxydierenden Ofenatmosphäre zu er...eichen. Abgesehen von der Ersparnis an Röstkosten, die ...urch Minderleistung des Flammofens zum Teil ausge...lichen wird, liegt der Hauptvorteil in den verminderten ...erstäubungsverlusten.

Einen fabelhaften Aufschwung hat die Kupferproduk...on Afrikas (Katanga, Bwana M'Kubwa) in den letzten ...ahren genommen, so daß es heute bereits an zweiter Stelle ...eht; eine weitere Steigerung ist zu erwarten, so daß allein ...ie Union Minière du Haut Katanga in einigen Jahren eine ...ahresproduktion von 200 000 t haben wird; ein Teil dieses ...upfers soll der neuen elektrolytischen Raffinieranlage zu ...oboken bei Antwerpen zufließen. Zu Bwana M'Kubwa ver...rbeitet man die oxydischen, das Kupfer zum Teil als Sili...at enthaltenden Erze nach dem neuen Metals Production ...rocess: das Kupfer wird hierbei durch Rösten mit anschlie...endem Reduzieren in Trommelöfen in eine in Ammonium...arbonat lösliche Form übergeführt; es soll so gelingen, den ...upferinhalt, gleichgültig in welcher Form ursprünglich ...orhanden, in einer verdünnten Ammoniumkarbonatlösung ...ı lösen; Ausfällung durch Abdestillieren von CO_2 und ...H_3 als Oxyd, das mit Teer gemischt auf Kupfer ver...chmolzen wird.

Die neue Steinverblaseanlage der Mansfeld A.-G. ist in...wischen in Betrieb gekommen, so daß also der Ziervogel...rozeß, nach dem seit den vierziger Jahren des vorigen ...ahrhunderts die Hauptmenge des deutschen Silbers her...estellt worden ist, der Geschichte angehört.

Gespannt kann man auf den Ausgang eines Versuches ...ein, der bei der Belle Mine der Shannon Copper Co. zu ...leeson, Ariz., gegenwärtig in Gang ist. Dort wurde vor ...ber zwei Jahren ein Erzkörper in situ zur Entzündung ...ebracht, um ihn so abzurösten; sobald die Röstung beendet ...t, soll die Grube unter Wasser gesetzt und so der Kupfer...halt des Erzes ausgelaugt werden.

Blei Über das bereits im vorigen Bericht erwähnte Harris-Verfahren wurde bei der Heidelberger Ta...ung der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Berg...ute ein ausführlicher Vortrag gehalten, der sich vor allem ...ich mit der wichtigen Verarbeitung der dabei fallenden zinn-, arsen-, antimon- und zinkhaltigen Schlacken beschäftigte.

Das alte Hüttenwerk in Mechernich soll wieder in Betrieb gesetzt sein und die oxydischen Knottenerze des dortigen Reviers nach dem „Wälz"-Verfahren verarbeiten.

Zink Zink steht heute im Mittelpunkt des Interesses. Man hört von Absichten der Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesches Erben, den auf deutscher Seite verbliebenen Besitz an Zinkerzen in einer neu zu errichtenden Hütte zu verarbeiten. Die Produktion der Deutsch-Bleischarleygrube ist in den letzten Monaten wesentlich gesteigert worden. Eine größere Anlage zur Verarbeitung von Wasch- und armen Haldenprodukten nach dem „Wälz"-Verfahren soll nächstens in Betrieb kommen.

Gute Resultate wurden offenbar mit der doppelten Röstung erzielt; durch Fertigröstung des in einem der gebräuchlichen Röstöfen vorgerösteten Erzes auf einem Dwight-Lloyd-Apparat gelingt es nicht nur, eine vorzügliche Entschwefelung zu erreichen, sondern man erhält auch ein Röstprodukt, das nach der Zerkleinerung eine bessere Ausnutzung der Muffeln ermöglicht, da diese mehr davon fassen, als von gewöhnlicher Röstblende, sowie eine bessere Entzinkung bzw. die Gewinnung sehr zinkarmer Räumaschen.

Auch für die Verarbeitung komplexer Blei-Zinkerze liegen einige neuere Vorschläge vor. Nach dem Patent der Soc. Metal. Chilena „Cuprum" wird der Blende beim Rösten Salpeter in wässriger Lösung zugesetzt und so eine sehr intensive Abröstung bei niedriger Temperatur erreicht; zur Entfernung des Bleies erfolgt anschließend Laugung mit konzentrierter NaCl-Lösung, aus der das Metall elektrolytisch gewonnen werden kann.

Nach dem als „New Metallurgy" (Ashroft) bezeichneten Verfahren, an dessen Vervollkommnung noch stark gearbeitet wird, führt man die Schwermetalle durch Einleiten von Chlorgas bei rd. 600 ° in Chloride über und trennt diese durch Ausseigern von der Gangart; der Schwefel entweicht dabei in elementarer Form. Aus dem Chloridgemisch scheidet man das Blei (und andere Metalle mit im Vergleich zu Zink geringerer Affinität zum Chlor) durch Einrühren von Zinkgranalien als Metall ab, und aus der so gewonnenen reinen Zinkchloridschmelze kann das Zink durch Elektrolyse gewonnen werden.

Die bisher große Schwierigkeiten verursachende chlorierende Röstung von zinkhaltigem Material soll nach einem amerikanischen Patent von Hale & Fink bei einem geringen Bromzusatz glatt erfolgen. Das Brom bildet zunächst Zinkbromid, welches sich mit dem zugesetzten Chlorierungsmittel zu Zinkchlorid umsetzt unter Regenerierung der Bromverbindung, die also nur als Chlorüberträger wirkt.

Aluminium Zur Gewinnung von Aluminium bzw. zur Herstellung eines reinen Al_2O_3 beschreitet Haglund einen vollkommen neuen Weg. Durch Behandeln von Bauxit mit Schwefeleisen im elektrischen Ofen erhält man in Gegenwart von Kohle eine dünnflüssige Schlacke, welche in der Hauptsache aus Al_2O_3 und Al_2S_3 besteht und beim Erstarren Al_2O_3 vollkommen rein in Kristallform ausscheidet; daneben fällt metallisches Eisen, welches den Si-Gehalt der (gleichfalls reduzierten) Kieselsäure aufnimmt. Durch Behandeln der zerkleinerten Schlacke mit Wasser bilden sich aus dem Sulfid Aluminiumhydroxyd und Schwefelwasserstoff, welcher wieder zur Herstellung von FeS dienen kann oder im Clausofen zu elementarem Schwefel verbrannt wird. Neben der Gewinnung einer sehr reinen Tonerde soll der Hauptvorteil des Verfahrens in der außerordentlichen Billigkeit der dazu erforderlichen Anlage bestehen. [C 2667] V. Tafel

[1]) Nachtrag zu der in Heft 2 S. 60 bis 65 veröffentlichten Haupt...uppe von Chronikbeiträgen über Rohstoffe (Gewinnung, Verarbeitung, ...üfung). [2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 64.

Dreiachsige englische Straßenbahnwagen

Die Straßenbahngesellschaft in Newcastle hat kürzlich ...agen eingeführt, bei denen der Wagenkasten auf einer ...sten Achse und einem zweiachsigen Drehgestell ruht, eine ...nordnung, die wir bei Straßenbahnwagen noch nicht ...ennen. Das Drehgestell hat nach Art der „Maximum"-...auart eine Triebachse mit 806 mm und eine Laufachse ...it 559 mm Raddurchmesser; die feste Triebachse hat ...enfalls 806 mm Raddurchmesser. Die Dreiachsanordnung ...ibt dem Wagenkasten eine dreipunktartige Auflagerung, ...nd zwar stützt er sich auf die beiden Lager der festen ...chse und auf den Drehpunkt des Drehgestelles. Die seit...ch an dem Drehgestell angebrachten gefederten Führungs...isten geben dem Wagenkasten beiderseits noch einen be...eglichen Auflagerpunkt.

Diese neuartige Achsanordnung wurde erst für Neu...uten gewählt, nachdem ein Versuchswagen in 20monatiger ...etriebsdauer beste Ergebnisse erzielt hatte. Der Wagen soll sogar noch ruhiger laufen als ein Vierachswagen und von Schlinger- und andern Nebenbewegungen vollkommen frei sein. Auch ist sein Reibungsgewicht höher als das des Vierachswagens. Er stellt daher ein Mittelding dar zwischen dem zweiachsigen Wagen, der hohen Achsdruck und starke Beanspruchung beim Bogenlauf aufweist, und der vierachsigen Bauart, die mitunter zu geringes Reibungsgewicht hat und wegen der Drehgestelle hohe Anschaffungskosten erfordert.

Die dreiachsigen Wagen für Newcastle haben außer der Luftdruckbremse je ein Paar elektromagnetischer Schienenbremsen am festen Untergestell sowie am Drehgestell. Der Wagenkasten hat, wie in England üblich, geschlossenes Oberdeck und faßt bei 9,2 m Gesamtlänge einschließlich Plattformen 82 Personen. Die Sitzplätze sind im unteren Wagenteil längs, oben quer zur Fahrtrichtung angeordnet. Der Wagen wird durch zwei Tatzenlagermotoren angetrieben. [N 69] Cr.

RUNDSCHAU

Wissenschaftliche Tagungen

Eisenhüttentag 1926

Am 27. und 28. November 1926 fand in Düsseldorf die Hauptversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute statt. Der wissenschaftliche Teil der Tagung wurde durch Sitzungen der Fachausschüsse in der städtischen Tonhalle eingeleitet. In der Gruppensitzung 1 hielt Dipl.-Ing. P. Reichardt, Düsseldorf, einen Vortrag über

ein neues Wärmeschaubild des Hochofens.

Bisher stellte man gewöhnlich bei Wärmebilanzen dem Verbrauch an Wärme die vom Brennstoff gelieferte Wärme in Kalorien gegenüber, ohne dabei die Temperaturen zu berücksichtigen. Reichardt verglich den Wärmebedarf in den einzelnen Temperaturgebieten des Hochofens mit der in diesen Gebieten verfügbaren Wärme. Aus dem Schaubild läßt sich der in jedem Temperaturgebiet bei gegebenen Betriebsbedingungen vorhandene Wärmeüberschuß sowie der theoretische Mindestwert des Bedarfs an Kohle und des Wärmeinhalts der Abgase unmittelbar feststellen.

Der im Wärmeinhalt der Gichtgase auftretende große Wärmeüberschuß ist nur im obersten Teile des Hochofens vorhanden; bis zu 900° wird die Wärme im Ofen praktisch ausgenutzt. Daher ist der Wärmeaufwand zur Zerlegung des kohlensauren Kalkes von erheblichem Einfluß auf den Koksverbrauch; das Umschmelzen von Schrot erfordert auch in Hochöfen mit hoher Gichttemperatur einen größeren Brennstoffaufwand als das Schmelzen im Kuppelofen. Eine geringe Vorwärmung des Windes hat große Koksersparnisse zur Folge, dagegen geht bei hohen Windtemperaturen der Erfolg zurück, wodurch die Ofenleistung ungünstig beeinflußt wird. Durch veränderlichen Zusatz von reinem Sauerstoff läßt sich die Ofenwärme nicht regeln, da hierdurch neben einer Steigerung der Wärme im Gestell auch die höhergelegenen Stellen unzulässig abgekühlt werden. Empfehlenswert ist vielmehr das gleichzeitige Einblasen von Kohlenstaub und Sauerstoff.

Über unsre Kenntnisse vom Siemens-Martin-Ofen

und die Tätigkeit des vom Stahlwerkausschuß und der Wärmestelle eingesetzten Unterausschusses für den Siemens-Martin-Betrieb berichtete Dr.-Ing. E. Herzog, Hamborn.

Die unmittelbare Wärmeabstrahlung von der Flamme auf das Bad bildet den Hauptteil des gesamten Wärmeüberganges im Herdraum des Siemens-Martin-Ofens. Diese Strahlung setzt sich zusammen aus der Gasstrahlung und besonders der Flammenrußstrahlung. Günstig ist die Verwendung von Steinkohlen-Generatorgas, das eine geringere Vorwärmung verlangt als das Hochofen- und Koksofen-Mischgas. Außerdem ist für die Rußabscheidung wichtig, daß ein erheblicher Wasserdampfgehalt des Gases auf den Kohlenstoff oxydierend und dadurch auf die Flamme entleuchtend einwirkt.

Bei der Mischgasverwendung im Siemens-Martin-Ofen muß die Gasvorwärmung unter weitgehender Ausnutzung der Abgaswärme das notwendige Temperaturgefäll im Herdraum schaffen und durch weitgehende Gaszersetzung den Wärmeübergang von der Flamme auf das Bad verbessern. Von Bedeutung ist neben der Speicherfähigkeit der Kammern im Siemens-Martin-Ofen auch das Speichervermögen der Innenwände der die Kammern mit dem Herdraum verbindenden Züge. Die Speicherfähigkeit einseitig beheizter Wände und der Rückgewinn an Wärme hängt jedoch in hohem Maße von der Größe des Wandverlustes ab. Dieser kann bei dünnen Wänden so stark sein, daß an das vorzuwärmende Mittel keine Wärme zurückgegeben, vielmehr von diesem noch Wärme nach außen abgegeben wird.

Dann sprach Prof. Dr. phil. E. Körber, Düsseldorf, über

Metallurgie des Hochfrequenzofens.

Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung hat man unter Mitarbeit von C. Lorenz, A.-G., Berlin-Tempelhof, einen Versuchs-Hochfrequenzofen aufgestellt, um die Geeignetheit dieser Ofenbauart für die Stahlherstellung planmäßig zu untersuchen. Der Ofen weicht von den amerikanischen Vorbildern[1]) ab.

Die sehr starke Durchwirbelung des Bades, die eine Folge der induktiven Heizung ist, gewinnt ganz besondere Bedeutung für den Ablauf der im Ofen durchzuführenden metallurgischen Reaktionen, insbesondere zwischen Metallbad und Schlacke. Infolge der außergewöhnlich starken Frischwirkung des Ofens durch die ständige Erneuerung der mit der Frischschlacke in Berührung stehenden Ba oberfläche hat man einen weichen, nicht rostenden Chron stahl unter Verwendung nicht rostenden Ferrochroms i einwandfreier Güte hergestellt. Der an Eisen gebunder Sauerstoff des überfrischten Bades wird infolge der ene gischen Badbewegung sehr schnell durch das zugesetz Desoxydationsmittel gebunden und geht bei richtig Schlackenführung in kurzer Zeit nahezu vollständig in d Schlacke über. Mit sehr niedrigem Kohlenstoffgeha (0,01 vH) hergestellte Stähle verhielten sich trotz sehr g ringer Mangan- und Siliziumgehalte sowohl beim Rotbrucl versuch wie beim Warmwalzen durchaus einwandfre bei der Weiterverarbeitung im Kaltwalzwerk zeichnete sie sich durch ganz besondere Weichheit und Zähigkeit au Auch nicht rostender Chromstahl mit niedrigem Kohle stoffgehalt erwies sich in gleichem Maß empfindlich gege die Beanspruchungen bei der Weiterverarbeitung.

Noch günstiger verliefen die Versuche für die Erze gung hochwertiger Kohlenstoffstähle, indem bei diesen d Sauerstoff aus dem überfrischten Bade mittels Kohlenstoff entfernt werden kann, dessen gasförmiges Reaktionserzeu nis entweicht. Besonders günstig verhielt sich sowohl b der Verarbeitung wie bei der metallographischen und mech nischen Prüfung im Hochfrequenzofen erschmolzener Kuge lagerstahl. Der Hochfrequenz-Induktionsofen erscheint b rufen, zur Erzeugung von Edelstählen neben die bisherige Erzeugungsverfahren zu treten.

In der Gruppensitzung 2 berichtete Dir. Fr. Ros deck, Düsseldorf, über die Ölindustrie un die Erzeugung nahtloser Rohre in den Ver einigten Staaten und Dir. H. Koppenberg Riesa, über amerikanische Rohrwalzwerk Anlagen. Die beiden Vorträge bringen zusammenfasser die persönlichen Eindrücke, die die Redner durch Studie reisen über die

Röhrenindustrie in Nordamerika

gewonnen hatten.

Groß ist der Bedarf an Röhrenerzeugnissen auf de Bohrfeldern und für die ungeheuer ausgedehnten Ölleitu gen. Der Jahresbedarf an Bohrrohren beträgt rd. 2½ Mill. Das Ölleitungsnetz hat 136 000 km Gesamtlänge, d. h. ei Ausdehnung von mehr als der doppelten Länge des deu schen Eisenbahnnetzes. In Amerika werden im Gegensat zu den Verhältnissen bei uns die meisten Rohre geschweiß Nahtlose Rohre wurden bis vor kurzem überhaupt nur i mittleren Durchmessern ausgeführt. Die amerikanische Rohrwerke sind mit mechanischen Mitteln und Hilfsei richtungen vorzüglich versehen und die Belegschaften sin gut geschult; daß ihre Erzeugung weit höher als bei u ist, dürfte im wesentlichen auf die meist großen Aufträg in einer bestimmten Sorte — unter Umständen werde wochenlang Rohre einer einzigen Abmessung gewalzt - zurückzuführen sein.

Die in Europa entstandenen verschiedenen Verfahre zur Herstellung nahtloser Rohre sind den amerikanische Gewinnungsverhältnissen geschickt angepaßt worden; i Europa wären solche Anlagen infolge Absatzmangels nic wirtschaftlich. Rohre bis etwa 225 mm Dmr. bei ein Länge bis zu 8 m erzeugt man im Hohlblockwalzwerk (na Stiefel oder Mannesmann) und im anschließenden Red zierwalzwerk (schwedisches Walzwerk). Kurze Rohre v mehr als 225 mm bis 500 mm Dmr., insbesondere für Fl schen und Behälter, stellt man nach einem Preß- und Zie verfahren aus runden Blechtafeln (Cupping-Verfahren) he Neuerdings wendet man auch das vereinigte Mannesman Schräg- und Pilgerschritt-Walzverfahren an, um Roh über 225 mm Dmr. in großen Längen herzustellen.

Sehr beachtenswert ist die Ausbildung der amerik nischen Rohradjustagen, Richtmaschinen, Abstechbänke, G windeautomaten, Vorrichtungen zum Messen von Rohre usw. Man stellt z. B. auf einer Walzenstraße monatlich r 8000 t der Rohrabmessung 178 mm Dmr. mit 9½ mm Wan dicke her; nur etwa 20 Mann bedienen das Walzwerk ei schließlich der Öfen. Eine ähnliche Straße für Rohre v 63 mm Dmr. erzeugt etwa 160 t in 24 h.

Auf die deutschen Verhältnisse kann man die amerik nische Arbeitsweise nicht ohne weiteres übertragen. Uns Walzwerke sind weit mehr auf verschiedenartige Erzeu nisse eingerichtet, da man nur selten ein Sonderwalzwe für große Mengen gleichartiger Rohre wirtschaftlich au nutzen könnte. Die europäischen Walzwerke stellen na dem Pilgerschritt-Walzverfahren Rohre in allen mögliche

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 349.

Weiten und in sehr großen Längen her, deren Verwendung für die verschiedensten Zwecke außerordentlich vorteilhaft ist.

Dann sprach Dr.-Ing. K. Rummel, Düsseldorf, über

vergleichende Zeitstudien an Walzwerken, insbesondere an Drahtstraßen.

Die bewährten Verfahren für die Aufstellung und Auswertung von Zeitstudien im Maschinenbau lassen sich nicht ohne weiteres auf die Hüttenwerke übertragen, hauptsächlich deshalb, weil in der Eisenindustrie verschiedene Gruppen von Arbeitern an einer ganzen Reihe von maschinellen Vorrichtungen und unter gleichzeitiger Bearbeitung einer größeren Zahl von Werkstücken zusammen arbeiten. Hier müssen besondere Verfahren entwickelt werden, deren erste Aufgabe ist, den Ablauf des Betriebes zu erkennen; erst hieran schließen sich Einzelstudien mit dem Zweck, die Erzeugung zu erhöhen, sachliche und organisatorische Verbesserungen zu ermöglichen und eine Grundlage für die Stücklöhne zu gewinnen.

Gute Dienste hat hierbei ein halbselbsttätiger Zeitschreiber, Bauart Siemens, geleistet, bei dem mehrere Beobachter verschiedene Schreibfedern durch Schalten von Kontakten betätigen. Die Aufschreibungen wurden durch Messungen mit der Stoppuhr geprüft und ergänzt. Stufenweise entwickelte man aus den Diagrammen des Zeitschreibers ein graphisches Bild des Betriebablaufs und stellte mehrere nach diesem Verfahren untersuchte Drahtstraßen einander gegenüber. Die Bilder geben Auskunft über die gesamten Vorgänge des Betriebes, geben Einblick in die Ursachen der bei den einzelnen Straßen verschiedenen Höhe der Erzeugung und gestatten zu beurteilen, ob Verbesserungen möglich sind. In gleicher Weise können Profilstraßen behandelt und neue Straßen entworfen werden.

Zuletzt behandelte Dr.-Ing. K. Daeves, Düsseldorf,

die Witterungsbeständigkeit gekupferten Stahles.

Bisher war man in Deutschland vielfach der Ansicht, daß gekupfertem Stahle nur in Industriegegenden mit stark säurehaltiger Luft eine gewisse Bedeutung zukomme, daß hingegen sonst ein Kupferzusatz die Witterungsbeständigkeit von Stahl nur ganz unwesentlich erhöhe. Diese Einschränkung ist nicht berechtigt; ein Kupfergehalt gerade bei dem vorwiegend in Deutschland erzeugten Thomasstahl wirkt besonders günstig.

Ein sorgfältiges Studium der zahlreichen Arbeiten über den Einfluß des Kupfergehaltes zeigt übereinstimmend eine sehr erhöhte Witterungsbeständigkeit von Stahl mit rd. 0,2 bis 0,25 vH Kupfer. Aus den sehr umfangreichen langjährigen Blech-Rostungsversuchen der American Society for Testing Materials läßt sich eine Erhöhung der Lebensdauer gekupferten Werkstoffes bis zum Unbrauchbarwerden um 50 vH gegenüber kupferarmem Stahl berechnen; die amerikanischen Eisenbahngesellschaften haben auf Grund ihrer Erfahrungen die Zeitdauer bis zum Ersatz des Wagenkastens mit 10 Jahren für kupferarmen und 15 Jahren für gekupferten Stahl bestimmt.

Da die Wirkung des Kupfergehaltes in erster Linie darauf beruht, daß die sich bildende natürliche Oxydschicht glatter ist, sehr fest haftet und so selbst einen Schutz gegen weiteres Rosten bildet oder aber ein sehr festes Haften des aufgebrachten Schutzanstriches bewirkt, muß man scharf zwischen der Witterungsbeständigkeit und dem Schutze gegen in der Atmosphäre enthaltene Gase einerseits und der Anfressung unter Wasser anderseits unterscheiden. Unter Wasser bildet sich durch Überschuß des Elektrolyten meist eine schwammige, lockere Rostschicht, so daß die schützende Wirkung des Kupfergehaltes nicht eintreten kann. Eine Verwendung schwach gekupferter Stähle gegen Anfressung unter Wasser ist deshalb zwecklos. Dagegen wird die Lebensdauer bei allen Teilen, die Rauchgasen ausgesetzt sind, ganz wesentlich erhöht.

Die gekupferten Stähle, insbesondere Thomasstahl, bilden den gegebenen Baustoff für alle Teile, die mit oder ohne Schutzüberzug, Anstrich, Verzinkung, Verzinnung dem Angriff von Luft, Regen, Gasen und schwachen Säuredämpfen ausgesetzt sind und deren Lebensdauer hauptsächlich durch ihr Verhalten gegenüber Rostangriff bestimmt wird. In Amerika sind bereits über 1 Mill. t gekupferten Stahles hergestellt worden.

In der auf die Gruppensitzungen folgenden Vollsitzung sprach Geheimrat Prof. Dr. Fr. Wüst, Düsseldorf, über die unmittelbare Erzeugung des Eisens. Auf diesen Vortrag, der die Vor- und Nachteile des mittelund unmittelbaren Verfahrens der Reduktion, die Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm von Norsk-Staal, Wiberg, Bureau of Mines und Horesey und ihre Anwendbarkeit auf deutsche Verhältnisse behandelte, werden wir noch ausführlich zurückkommen.

Dann sprach Dr.-Ing. E. H. Schulz, Dortmund, über

feuerfeste Stoffe, ihre Prüfung und ihr Verhalten im Hüttenbetriebe[2]).

Die feuerfesten Baustoffe sind für die Eisen- und Stahlindustrie von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Die genaue Kenntnis der tatsächlich im Betrieb auftretenden Beanspruchungen ist erste Voraussetzung für Abnahmeprüfungen. Noch sind aber unsre Kenntnisse über die Eigenschaften und das Verhalten der feuerfesten Baustoffe bei verschiedenen im Betrieb auftretenden Bedingungen sehr lückenhaft; daher sind weitere wissenschaftliche und praktische Versuche dringend notwendig.

Um alle Anforderungen, die in der Praxis an die feuerfesten Stoffe gestellt werden, zu erfüllen, muß man sichere und einfache Prüfverfahren ausbilden, die klare und einwandfreie Lieferverträge zwischen Erzeugern und Verbrauchern ermöglichen und Lieferung unbrauchbarer Baustoffe verhindern. Aber auch durch zweckmäßige Maßnahmen im Betriebe kann man das feuerfeste Mauerwerk weitgehend ausnutzen und vor schnellem Verschleiß schützen. Vor dem Einbau sind die feuerfesten Baustoffe daraufhin zu prüfen, ob sie alle Anforderungen erfüllen. Hierzu sind die Prüfverfahren sorgfältig durchzuarbeiten, zu normen und in jedem Falle zu benutzen. Richtlinien für die Art, wie man Gütenormen zweckmäßig aufstellt, zeigen z. B. die in Amerika auf diesem Gebiete bisher geleisteten Arbeiten. Hiernach kommen als hauptsächliche Beanspruchungen in Betracht: Temperatur, Druck, mechanischer Verschleiß, Schlackenangriff und Absplittern infolge von Temperaturwechsel. Je nach der Art des Betriebes kann man wieder jede dieser Beanspruchungen als wesentlich, unwesentlich oder von mittlerer Bedeutung bezeichnen und danach die an einen bestimmten Baustoff zu stellenden Anforderungen genau festlegen.

Die Hauptsitzung fand am 28. November statt. Dr.-Ing. P. Petersen berichtete über die Tätigkeit des Vereins im Geschäftsjahr 1926, wobei er auf die bereits erfolgte Veröffentlichung hinwies[3]).

der Erzeugung und des Vertriebes verästeln sich mit zu-
Die einzelnen Gebiete der Wissenschaft, der Technik, nehmender Erkenntnis immer weiter zu Sondergebieten, Einzelherstellungen, Fachgruppen, Einzelverbänden und Vereinigungen aller Art. So drängt die Vereinsarbeit, wenn sie den Schäden der bedrohlich gewordenen Einseitigkeit begegnen will, neben dem unumgänglichen Streben nach Vertiefung des Einzelgebietes vor allem nach Querverbindungen, nach Verknüpfung des Auseinanderstrebenden, nach Befestigung des Neuen im ganzen dafür geeigneten Bereich. Beispiele für diese Verbindungsarbeit finden sich auf dem Gebiete der feuerfesten Stoffe, der Wärme- und Betriebswirtschaft, der Erzaufbereitung, des Kokerei-, Hochofen-, Siemens-Martin- und Walzwerkbetriebes. Fruchtbringende Zusammenarbeit zwischen Erzeuger und Verbraucher, zwischen Kaufmann und Ingenieur ist eine der vornehmsten Aufgaben unsrer Wirtschaft.

Die Krönung des ganzen Werkes der Zusammenarbeit soll die

Werkstofftagung in Verbindung mit einer Werkstoffschau

bilden, die der Verein deutscher Ingenieure gemeinsam mit dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, der das Gebiet „Eisen und Stahl" behandeln wird, im Herbst 1927 in Berlin veranstalten wird.

Ziel und Zweck dieser Werkstoffausstellung soll dahin gehen, dem Verbraucher zu zeigen, wie man in der deutschen Eisenindustrie Forschung und Prüfung betreibt und welche Eigenschaften vom Werkstoff billigerweise gefordert werden können. Die Werkstofftagung soll die verbrauchende Industrie über Wesen und Natur der Eisenerzeugnisse, mit denen sie zu arbeiten hat, aufklären. Die geplante Ausstellung soll so ausgestaltet werden, daß eine in Betrieb befindliche Versuchsanstalt gezeigt wird, in der der Verbraucher sehen und hören kann, wie die Werkstoffe in der laufenden Herstellung geprüft werden, um die Güte auf einem möglichst gleichmäßig hohen Stande zu halten, und wie in der erzeugenden Industrie Forschung betrieben wird, um ständig Fortschritte zu erzielen durch Hebung der Güte und Schaffung neuer Stähle, die erhöhten Anforderungen angepaßt sind. Daneben soll der Besucher die Möglichkeit haben, sich über alle einschlägigen Fragen des Prüfwesens selbst zu unterrichten. Gleichzeitig mit der Werkstoffprüfung sollen Vorträge aufklärender und unterrichtender Art gehalten werden, um eine möglichst breite Plattform für das Verständnis der in der Ausstellung gebrachten Vorführungen zu schaffen und somit einen möglichst großen Wirkungsgrad der Werkstofftagung zu gewährleisten.

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 408.
[3]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) Heft 47.

Zum Schluß wies Dr. Petersen u. a. auf die Erziehungsgrundsätze des Deutschen Instituts für Arbeitsschulung hin; diese werden die Grundlage bilden, auf der sich Unternehmer und Arbeiter zu gemeinsamer Arbeit zusammenfinden können.

Der Vorsitzende des Vereines deutscher Eisenhüttenleute, Generaldirektor Dr. Vögler, Dortmund, wies in seiner Ansprache auf die Aufgaben des Vereins in bezug auf die Erziehung des Nachwuchses hin. Das Deutsche Institut für technische Arbeitsschulung habe außerordentlich viele wertvolle Anregungen für die Betriebswirtschaft ergeben. Bei der durch die Abtretungen des Versailler Vertrages verringerten Eisenhüttenindustrie muß vor einer Überfüllung auch des hüttenmännischen Studiums gewarnt werden. Zur Erleichterung des Überganges vom Studium zur Praxis für den Hütteningenieur werden Praktikantenlehrgänge eingerichtet werden, die den jungen Ingenieur durch alle Zweige des Betriebes hindurchführen.

Ein klassisches Beispiel der Zusammen- und Gemeinschaftsarbeit wird die Werkstoffschau sein, die einen Überblick über den großen Bereich der metallischen Werkstoffe geben soll. Die Eisenindustrie wird als deutsche Eisenindustrie in die Erscheinung treten und nicht als Sonderschau der einzelnen Werke.

Die Ansätze zur wirtschaftlichen Besserung werden vielfach überschätzt. Hohe Zahlungsverpflichtungen sind uns auferlegt worden, jedoch ist nichts getan, um die Erschwerung des internationalen Warenaustausches, die durch Erhöhung der Zollmauern überall eingetreten ist, zu beseitigen. Die Sorgen Deutschlands auf wirtschaftlichem Gebiet sind auch andern europäischen Ländern nicht fremd geblieben. Dies hat zu der Frage geführt, wie man durch gemeinsame Maßnahmen aus gemeinsamen Sorgen herauskommen könnte. Das Ergebnis dieser Verhandlungen ist der Eisenpakt.

Dieser Eisenpakt ist leider mißverstanden worden. Man hat geglaubt, daraus folgern zu müssen, daß durch den Vertrag eine Bresche in den Schutz der nationalen Arbeit gelegt worden wäre. Das ist aber keineswegs der Fall. Der Eisenpakt dient vor allem der Bemessung der anteiligen Erzeugung, die bei ungehemmtem Wettbewerb zu einer Unwirtschaftlichkeit des angelegten Kapitals auf allen Seiten führen würde. Wenn besonders von der Landwirtschaft befürchtet wird, daß ihr durch eine Änderung des Schutzzollsystems der notwendige Schutz entzogen würde, so kann man mit gutem Recht darauf hinweisen, daß gerade die deutsche Eisenindustrie von jeher für die Stärkung des Binnenmarktes eingetreten ist; denn der gesicherte Inlandabsatz ist die Grundlage der deutschen Eisenindustrie. Aber die Landwirtschaft muß ein Verständnis dafür haben, daß die industrielle Wirtschaft ganz anders im Brennpunkt der internationalen Fragen steht wie sie selbst. Die Eisenindustrie wisse genau, wo die wirtschaftlichen Aufgaben aufhören und die nationalen Forderungen beginnen. [N 14] Gossow

Werkstoffe

Über den Martensit

Eine größere Untersuchung über den Martensit von Hanemann und Schrader[1]) versucht, die alte Frage nach den Vorgängen bei der Stahlhärtung mit einer neuen Hypothese zu lösen. Kritische Betrachtungen der bisher bekannten Martensituntersuchungen, die sich auf Gefüge, Ausdehnung und Haltepunkte erstreckten sowie auch Röntgenuntersuchungen umfaßten, führten die Verfasser zu dem Schluß, daß die bisherigen Anschauungen über Bildung und Aufbau des Martensits unwahrscheinlich seien.

Schon 1912 hatte sich Hanemann mit eingehenden Gefügeuntersuchungen des gehärteten Stahles befaßt, insbesondere das Verhalten des Martensits beim Anlassen verfolgt. Er stellte dabei fest, daß sich Martensit beim Ätzen um so dunkler färbt, je höher er angelassen wird. Außerdem konnte Hanemann nachweisen, daß die Martensitnadeln weniger Kohlenstoff enthalten als der mit ihnen in Berührung stehende Austenit.

Von Dejean 1917 an Stählen während des Abschreckens ausgeführte Haltepunktbestimmungen ergaben einen neuen Haltepunkt bei 659 °C bei Gegenwart von Troostit, also bei milde gehärteten Stählen, einen zweiten Haltepunkt aber zwischen 200 und 400 °C bei schroff gehärteten, also rein martensitischen Stählen. Dieselben Haltepunkte wurden 1919 durch Chevenard dilatometrisch ermittelt und von ihm mit Ar′ und Ar″ bezeichnet. Spätere Untersuchungen von Portevin und Garvin (1919) sowie von Schneider (1922) und Matsushita (1923) bestätigten die Dejeanschen Beobachtungen.

Besonders bemerkenswert erschien Hanemann und Schrader die Schneidersche Feststellung, daß die Umwandlungswärme bei der Martensitbildung von der γ-α-Wärmetönung verschieden ist, ferner die durch Röntgenuntersuchungen von Westgren und Wever (1921) erfolgte Feststellung, daß dem Austenit ein 14-Punkt-Gitter (flächenzentriert), dem Martensit ein 9-Punkt-Gitter (raumzentriert) zukommt. Westgren ermittelte damals für das Martensitgitter und das α-Eisen-Gitter gleiche Atomabstände, dagegen fand Wever die des Martensitgitters etwas größer.

Abb. 1. Zustandsdiagramm des Martensitsystems nach Hanemann und Schrader

Nach diesen Feststellungen wurde im Gegensatz zu Osmond, der den Martensit als β-Eisen ansprach, nun allgemein der nicht ferromagnetische Austenit als ein unterkühlter γ-Fe-Mischkristall angesprochen, während im ferromagnetischen Martensit das α-Fe als Lösungsmittel des Kohlenstoffes angenommen wurde. Danach wird beim Abschrecken des γ-Fe-Mischkristalles bei der Martensitbildung nur die Bildung von Fe_3C unterdrückt, während die Umwandlung des Lösungsmittels (γ-Fe) in α-Fe nicht verhin dert werden kann.

Aus den gleichen Feststellungen ziehen nun neuerding Hanemann und Schrader den gedanklichen Schluß, daß de Martensit kein α-Eisen ist, sich vielmehr bei einer zwische 200 und 400 °C liegenden Temperatur bildet, wobei ein Wärmetönung und Längenänderung zu beobachten ist. Di experimentelle Grundlage für ihre Gedankengänge sehe die beiden Verfasser in einer früheren Beobachtung Hane manns, daß sich bei sehr schroff in Wasser abgeschreckten übereutektischen Stählen, die im Gefügebild Austenit un Martensit zeigen, in den Austenitflächen neue Martensit nadeln bilden, sobald der Stahl in flüssige Luft gebrach wird. Es verbleibt dabei stets eine Restmenge Austenit Im Ätzgefüge sind dabei die ursprünglichen und neugebil deten Martensitnadeln deutlich zu unterscheiden.

Dieser 1913 mikroskopisch, volumetrisch und röntgen spektroskopisch nachgewiesene unvollständige Verlauf de Umwandlung von Austenit in Martensit zwingt zu der An nahme eines unvollständigen Gleichgewichtes. Daß sic beide Gefügearten (Austenit und Martensit) auch im C-Ge halt unterscheiden, bewies Hanemann ebenfalls bereits da mals durch Anlassen.

Bei 500 ° treten nämlich beim Anlassen von ab geschrecktem, übereutektischem Stahl im Gefügebild Zemen titkügelchen auf, deren Zahl in den ursprünglichen Marten sitfeldern geringer ist als in den Austenitfeldern. Der Zer fall in Fe und Fe_3C ist beim Anlassen auf 650 °C voll kommen, was von Hanemann und Schrader neuerdings nach geprüft und bestätigt wurde.

Die Zersetzung des Austenits bei tiefen Temperature veranlassen Hanemann und Schrader zu der Annahme, da im Martensit zwei, von ihnen mit ε und η bezeichnete neu Phasen vorhanden sind, die sich mit dem Austenit in eine metastabilen Gleichgewicht befinden. Das von Hanemann und Schrader auf Grund dieser Gedankengänge neu auf gestellte Zustandsdiagramm des Martensitsystems oder meta stabilen Systems II, Abb. 1, entspricht dem Typus IV nac Roozeboom. In dem Diagramm wird die Konzentra tion U bei 0,1 vH C, die Konzentration V bei 0,89 vH C die Konzentration W bei 1,4 vH C, die Temperatur T be 685 °C und die Temperatur UVW bei 350 °C angenommen

Das Martensitsystem wird vollkommen unterhalb de Perlitlinie liegend angenommen, d. h. die Kristallisation nac seinen Gleichgewichtslinien ist nur möglich, wenn durc schroffe Abschreckung ein Zerfall der festen Lösung nac dem Zementitsystem vermieden wird und sich kein Troosti bildet. Die in den sechs Zustandsfeldern jeweils vorhan

[1]) Werkstoffausschuß-Bericht Nr. 61 des Vereines deutscher Eisenhüttenleute. Eine ausführliche Arbeit über das Zustandsschaubild der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

enen Phasen des Systems sind in Abb. 1 eingetragen. berhalb TWW_1 ist nur eine Phase vorhanden: γ

im Zustandsfeld TUW . . . 2 Phasen: $\varepsilon + \gamma$
„ „ TOU_1U . . 1 „ : ε
„ „ UVV_1U_1 . . 2 „ : $\varepsilon + \eta$
„ „ VV_1V_2 . . . 1 „ : η
„ „ VV_2W_1W . . 2 „ : $\eta + \gamma$

Bei 350 °C entsprechend der Horizontalen UVW verläuft ine Umsetzung, die durch die Gleichung $U + W \rightleftarrows V$ wieergegeben werden kann. Wenn das angenommene Diaramm richtig ist, so müssen nach schroffer Abschreckung tähle bis 0,1 vH C (U) ein homogenes Gefüge, bestehend us ε-Kristallen, alle Stähle mit höherem C-Gehalt ein eterogenes Gefüge zeigen, das bis 0,89 vH C aus $\varepsilon + \eta$ nd über 0,89 vH C aus $\eta + \gamma$ Kristallen besteht.

Links vom Punkte W beginnt die Kristallisation mit er Ausscheidung von ε-Kristallen aus der unterkühlten -Lösung. Bei Stählen mit weniger als 0,89 vH C folgt ann die Ausscheidung von η-Kristallen bis zur Herstellung es Gleichgewichtes zwischen diesen beiden Kristallarten. abei kann die bei 350 ° verlaufende Reaktion zwischen ε nd γ infolge einer Umhüllung der ε-Kristalle durch η-Kristalle nicht vollständig verlaufen, sondern es bleiben immer och kleine Reste von γ-Kristallen in η eingeschlossen. tähle mit 0,89 bis 1,4 vH C scheiden ebenfalls zuerst -Kristalle aus, die sich bei 350 ° mit den γ-Kristallen der usammensetzung W zu η-Kristallen umsetzen. Auch diese eaktion kann aus dem gleichen Grunde nicht vollständig erlaufen. Über 1,4 vH C beginnt die Kristallisation mit er Ausscheidung von η-Kristallen, die mit γ ein Gleichewicht herstellen.

Infolge des parallelen Verlaufes der Linien UU_1 und V_1 zur Temperaturachse ist die Zusammensetzung des leichgewichtes zwischen ε und η unterhalb 350 ° von der emperatur unabhängig, während der Verlauf der Kurve W_1 eine Änderung des Gleichgewichtes $\eta = \gamma$ mit der emperatur voraussetzt. Ein bei Zimmertemperatur im $= \gamma$-Gleichgewicht befindlicher Stahl muß auf tiefere Temeratur abgekühlt, von neuem η-Kristalle ausscheiden, daıit das Gleichgewicht nicht gestört ist. Die von der neu ufgestellten ε-η-Hypothese verlangte instabile Modifikaonsänderung des reinen Eisens bei 685 ° wurde mit einem lektrokardiographen ermittelt. Leider ist zur Bestimmung ieses Punktes kein Elektrolytisen, sondern ein Eisen mit 0,07 der 0,05 vH C verwandt worden.

Immerhin hat die Behauping der Verfasser, daß sich eines Eisen bei schroffer Abhreckung aus der γ-Modifikation icht in die α-Form, sondern in ne andre, bisher unbekannte -) Form umwandelt, eine geisse Berechtigung, da es Haneann und Schrader gelungen ist, ewisse Unterschiede der α- und Phase nachzuweisen. So ist die öslichkeit für C bei der ε-Phase rößer als bei der α-Phase; Eisen ätzt sich anders als -Eisen und hat auch eine höhere estigkeit. An Hand zahlreicher bbildungen suchen die Verfaser die Härtungsgefüge einer eihe von Stählen mittels der η-Hypothese zu deuten und könen diese Deutungen durchweg Einklang mit den oben angeebenen theoretischen Erörterunen des neu aufgestellten Austeit-Martensit-Systems bringen.

Außer den Gefügeerscheiungen versuchen nun Hanemann nd Schrader noch die beim Abhrecken und Anlassen von tählen von früheren Forschern bachteten Wärmetönungen, die olumen- und Leitfähigkeitsändeingen sowie die röntgenspektroopischen Beobachtungen zu deun. Diese Deutungen müssen twendigerweise mit dem neuen iagramm im Einklang stehen, die ε-η-Hypothese ja gedank- von diesen, mit der α-Hypoese nicht in Einklang zu brinnden Beobachtungen ihren Ausing nimmt.

Bemerkt sei noch, daß von Hanemann und Schrader als Träger der Martensithärte die η-Kristallart angesprochen wird, in der sie das Arnoldsche Karbid $Fe_{24}C$ annehmen.

Mit der Beibringung weiterer experimenteller Tatsachen wird sich die grundsätzliche Frage nach der Berechtigung der Einführung der zwei neuen Phasen ε und η später von selbst lösen. Ein Verdienst Hanemanns und Schraders liegt jedenfalls in dem Versuch, die Vorgänge bei der Stahlhärtung durch Gleichgewichtslinien im Fe-C-Diagramm festgelegt und dadurch eine Grundlage für weitere Arbeiten geschaffen zu haben. [M 2254]

Dortmund Fr. Heinrich und W. Voigt

Hebezeuge

Eisenbahnmäßige Lokomotivkrane

Die Entwicklung der eisenbahnmäßigen Lokomotivkrane hat von den Kranen mit zwei Laufachsen zu schwereren Konstruktionen mit drei und vier Laufachsen geführt, da die Anforderungen hinsichtlich Tragkraft und Ausladung zugenommen haben. Die Krane müssen in allen Stellungen ohne Anwendung von Schienenzangen oder Stützbalken arbeiten und standfest sein, wobei die zulässigen Laufraddrücke beim Verkehr auf den Strecken der Reichsbahn beachtet werden müssen. In Krümmungen mit größeren Gleisüberhöhungen können Schienenzangen oder Stützbalken zur Erhöhung der Sicherheit verwendet werden.

Abb. 2 und 3 zeigen zwei vierachsige Lokomotiv-Dampfkrane, die von der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff gebaut worden sind. Der Kran, Abb. 1, ist für Haken- und Greiferbetrieb eingerichtet und hat bei 12 m Ausladung 4600 kg Tragkraft. Der andre Kran, Abb. 2, dient nur für Hakenbetrieb und hat bei 12,5 m Ausladung 3000 kg Tragkraft. Mit dem innerhalb des Bahnprofils gehaltenen Ausleger kann auch auf Strecken mit elektrischem Betrieb und Oberleitung gearbeitet werden. Beide Krane werden hauptsächlich zum Gleisverlegen benutzt, und zwar für Schienenjoche und Schienen bis zu 18 m Länge. Eine umsteuerbare Zwillingsdampfmaschine, die die Hubwinde unmittelbar antreibt, überträgt alle Kranbewegungen durch Zahnräder. Zwei Achsen werden unmittelbar mittels Kette angetrieben und können über verschiebbare Klauen-

Abb. 2 Kran von 4600 kg Tragkraft bei 12 m Ausladung für Haken- und Greiferbetrieb

Abb. 3. Kran von 3000 kg Tragkraft bei 12,5 m Ausladung für Hakenbetrieb

RZ 2067 Z 1u.2

Abb. 2 und **3.** Lokomotiv-Dampfkrane, gebaut von der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff

Abb. 4 und **5.** Rohölkran von 3000 kg Tragkraft bei 10 m Ausladung für Greifer- und Magnetbetrieb

kupplungen für die Beförderung im Eisenbahnzug abgekuppelt werden. Der Ausleger wird durch einen achtfachen Seilzug gehoben oder gesenkt. Der Dampfverbrauch beträgt rd. 11 kg/PS_i h, hierbei hat man eine neuartige Steuerung[1]) der Dampfmaschine angewendet. Der Dampf für einen Arbeitszylinder wird hierbei durch einen Rundschieber verteilt, dem eine selbsttätige Expansionssteuerung vorgelagert ist.

Die Motorkrane haben gegenüber den Dampfkranen den Vorteil der sofortigen Betriebsbereitschaft, ferner können sie größere Brennstoffmengen für mehrere Betriebstage mitnehmen und sind im Brennstoffverbrauch sehr wirtschaftlich, besonders wenn beim Arbeiten längere Betriebspausen vorkommen. Abb. 4 und 5 zeigen einen Rohölkran. Eine Innenansicht des Kranhauses, aus der die übersichtliche Anordnung von Maschine und Führerstand zu erkennen ist, gibt Abb. 6 wieder. Der Rohölkran, Abb. 4 und 5, für den Betrieb mit Greifer- und Lastmagnet hat ein Fahrgestell mit drei Radsätzen. Die Gesamttragkraft beträgt 3000 kg bei 10 m Ausladung, die Nutzlast am Magnet 1500 kg. Der Kranantriebmotor, ein Rohölmotor von rd. 40 PS, treibt auch die Dynamo an, die den Strom für den Lastmagneten, sowie für die Beleuchtung im Haus und zum Scheinwerfer am Ausleger liefert. Alle Kranbewegungen können gleichzeitig und unabhängig voneinander ausgeführt werden. Der Greifer kann in geöffnetem oder in geschlossenem Zustande gehoben und gesenkt werden. Die Kranbewegungen werden durch Einrücken von Reibkupplungen eingeleitet, die gleichzeitig als Rutschkupplung dienen und so eine Überlastung des Motors verhindern. Erschüt-
rungen und Lärm sind |
diesem Kran gering, da d
Motor unmittelbar über d
Drehrollen aufgestellt ist u
für einen ruhigen Lauf R
hauttriebe angewandt sind.

Einen elektrisch mit vi
Motoren angetriebenen Kr
für 3000 kg Tragkraft und 9
Ausladung zeigt Abb. 7. Unt
dem dreiachsigen Fahrgest
hängt in einer Schwinge d
Fahrmotor von 24 PS n
Zahnradvorgelegen und Kette
antrieb für zwei Achsen. Zu
Lastheben, Drehen und für d
Auslegereinziehwerk befind
sich je ein Motor von 2
und 8 PS im Kranhaus. D
Hauptstrom wird durch Kab
anschluß zugeführt, da i
vorliegenden Falle der Kr
mit eigener Kraft an sein
Arbeitsplätzen nur kurze Fal
strecken zurückzulegen hat.

Mannheim. [M 2067]

Hermann W e s s e l

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 419

Abb. 6. Innenansicht des Kranhauses eines Rohölkranes

Laufbildtechnik

Das Schüfftan-Verfahren der Kinematograph

Die Zusammensetzung von zwei oder mehr Teilhan
lungen auf einem Filmstreifen ist keine leichte Aufgal
Bei den üblichen Verfahren ist eine Aufnahme der verschi
denen Handlungen nacheinander, damit al
eine mehrfache Kurbeldrehung und Belic
tung und eine jeweilige Abdeckung des nic
zu belichtenden Teiles des Streifens notwe
dig. Erfahrung und Übung haben zweifell
auch bei dieser nicht einfachen Aufnahm
technik Gutes erreicht. Da aber während d
Aufnahme eine Überprüfung des Zusamme
wirkens nicht möglich ist, so hat man kau
Filme erhalten, bei denen das Zusamme
spiel der beiden Teilhandlungen wirkli
vollendet ist, und bei denen vor allem d
Grenzen zwischen den Teilszenen unscha
und Übergänge nicht zu sehen sind. Die Au
gabe bestand also darin, ein Verfahren
finden, bei dem eine gleichzeitige Aufnahı
der Teilhandlungen bei einmaliger Belichtung und Kurb
drehung möglich ist, ohne daß scharfe Grenzen sichtb
werden. Diese Aufgabe hat das S c h ü f f t a n sche Spi
gelverfahren gelöst, dessen höchst einfache Grundla
Abb. 1 veranschaulicht: Wenn vor dem Aufnahmeger
in einem Winkel von etwa 45° zu seiner Achse, ein Spi
gel angebracht ist, so verdeckt dieser bei richtiger Stellu
eine hinter ihm liegende Teilhandlung, spiegelt dageg
eine seitlich vom Gerät gespielte in das Objektiv. B

Abb. 7
Elektrisch angetriebener Viermotorenkran für 3000 kg Tragkraft bei 9 m Ausladung

Abb. 8
Grundlage des Schüfftanschen Spiegelverfahrens

itigt man einen Teil des Spiegelbelages, dann spiegelt ·eser Teil des Spiegels nicht mehr, läßt dagegen die Licht-:ahlen von der hinter ihm gestellten Szene ins Objektiv. ·i dem Spiegel in Abb. 8 ist der untere Teil vom Belag ıfreit; er gibt also die untere Hälfte *PQCD* der Fläche *BCD* wieder. Der obere Teil spiegelt dagegen die obere ilfte der Teilhandlung wieder, die seitlich rechts vom ıfnahmegerät liegt. Die beiden senkrecht gestrichelten ldhälften ergänzen sich also auf dem Bildstreifen zu einer ·samthandlung. Hierbei spielt die Entfernung der beiden ındlungen vom Aufnahmegerät keine Rolle; weiter ent-ınt gelegene Handlungen können entsprechend größer sein, ıhere kleiner.

Der Übergang zwischen den beiden Teilhandlungen auf ɛm Filmstreifen ist unscharf, wenn der Spiegel selbst in ɪr unscharfen Zone des Objektivs liegt, also bei Einstel-ıng auf „Unendlich" regelmäßig, weil eine Entfernung ɪs Spiegels über 3,75 m hinaus nie in Frage kommt. Die ıschärfe der Grenzen wird erhöht durch eine rasterartige ·bgrenzung der Öffnung, einen allmählichen Übergang, ·bb. 9. Dann noch vorhandene Schärfen müssen durch ichtwirkungen ausgeglichen werden. Die Anordnung bei ɪr Aufnahme ist sehr einfach, Abb. 10. Auf einem festen ·änder, der möglichst erschütterungsfrei stehen muß, sind ɪr Neigekopf des Aufnahmegerätes und der Spiegelrahmen ·lagert, die beide in allen Richtungen verschiebbar und ·ehbar sein müssen. Die praktische Ausführung des ·änders mit Zubehör macht keinerlei Schwierigkeiten. ·ie Aufgabe vollkommener Freiheit von Erschütterungen, ·e sich auf dem Bildstreifen dem Auge bemerkbar machen, ·i noch nicht vollkommen gelöst. Die Schwierigkeit liegt ·r allem auch darin, daß das ganze Gerät, wie alles bei ·r Filmaufnahme, leicht zu befördern und handlich sein ·uß. Eine vollkommen gute Aufnahme aller bei der ·rbelumdrehung auftretenden Kräfte ohne Erschütterung ·s eigentlichen Aufnahmegerätes und des Spiegels ist bei ·r heutigen Ausführungsart noch nicht erreichbar.

Will man die bei einmaliger Spiegelung auftretende ·itenvertauschung nicht haben, so muß man einen zweiten ·iegel einschalten (Umkehrspiegel), der allerdings aus ·n geometrischen Gründen verhältnismäßig groß sein ·uß, so daß seine Verbindung mit dem Ständer kaum mög-·lh ist. Alle Größenverhältnisse der beiden Teilhandlun-·n und ihre Entfernungen vom Aufnahmegerät sind auf dem Reißbrett sehr leicht zu bestimmen, und die Praxis hat gezeigt, daß spätere Abänderungen so gut wie gar nicht notwendig sind und daß die zusammengesetzten Handlungen im Rahmen der Unterscheidungsfähigkeit des Auges vollkommen zusammenpassen. Während der ganzen Dauer der Aufnahme hat man außerdem die Möglichkeit, die Zusammenwirkung nachzuprüfen und Abänderungen vorzunehmen. Man kann auch während der Aufnahme die Größe der Aussparung verändern, wenn beide Handlungen sich nacheinander über größere oder kleinere Teile der Bildfläche erstrecken sollen. Dies wird erreicht durch Vorbeiführen eines zweiten Spiegels hinter dem ersten (Schleifspiegel) mit einer andern Form der Aussparung, Abb. 11. Dabei muß aus optischen Gründen Belag an Belag liegen. Zur Anwendung gelangen stets Spiegel mit Oberbelag, die doppelte Spiegelung bei ungünstiger Beleuchtung und damit Unschärfe vermeiden lassen.

Zwei verschiedenartige Anwendungsmöglichkeiten zur Erreichung von Trickaufnahmen bietet die Schüfftan-Anordnung:

1. Gleich große Gegenstände in verschiedenen Handlungen in verschiedener Entfernung vom Objektiv erscheinen verschieden groß: Man kann jetzt einwandfrei Riesen und Zwerge zusammen mit normalen Menschen darstellen, ohne daß es ungeschickt wirkt, desgleichen Träume, Erscheinungen usw.

2. Verschieden große Gegenstände in verschiedenen Handlungen können in bestimmbaren Entfernungen gleich groß erscheinen oder in den für den besonderen Fall richtigen Größenverhältnissen: Kleine Tiere können mit normalen Menschen zusammen als Ungeheuer auftreten. Ein Lichtbild kann eine ganze Ausstattung ersetzen, vor allem ein Landschaftsbild. In beiden Fällen werden diese Ersatzbilder sehr nahe am Aufnahmegerät liegen müssen, also in der unscharfen Zone des Objektivs; die Zwischenschaltung einer Sammellinse ist deshalb oft notwendig, Abb. 12. Im übrigen wird mit normaler Optik gearbeitet. Schließlich lassen sich mit Hilfe des Verfahrens auch große Ausstattungsteile mit kleinen Modellen vereinigen. Hier liegt vielleicht die wichtigste Anwendungsmöglichkeit des Schüfftan-Verfahrens, weil sich außerordentlich große Ersparnisse erzielen lassen; denn ein Modell kostet oft nur einen ganz kleinen Bruchteil dessen, was eine wirklich ausgeführte Ausstattung kosten würde, ganz abgesehen davon, daß man im Modell ganz andre Bauten ausführen

Abb. 9. Unschärfe der Bildgrenzen durch rasterartige Abgrenzung der Oeffnung

Abb. 10. Anordnung bei der Aufnahme

Abb. 11. Vorbeiführen eines zweiten Spiegels hinter dem ersten mit andrer Form der Aussparung

Abb. 12
Zwischenschaltung einer Sammellinse

Abb. 13. Entwurf des Architekten, Vorderseite eines großen Palastes

Abb. 14 Fertige Aufnahme des Bildes

Abb. 15. Unterer Teil des Bildes, im Gelände aufgenommen

kann als in natürlicher Größe und viel phantastischere Wirkungen erzielen kann. Außerdem gewinnt man viel Zeit bei der Herstellung der Ausstattung, wenn man kleine Modelle anstatt großer Aufbauten benutzt. Die Kosten für Großfilme können unter Umständen durch das Verfahren ganz erheblich herabgesetzt werden. Eine wie gute Zusammenwirkung von großen Ausstattungsteilen mit Modellen erreicht werden kann, zeigen Abb. 13 bis 15.

Abb. 13 zeigt den Entwurf des Architekten, die Vorderseite eines großen Palastes. Die Aufnahme selbst gibt Abb. 14 wieder. Das Bild ist in seiner Gesamtwirkung vollkommen einwandfrei, und man erkennt nicht, daß es aus zwei Teilen zusammengesetzt ist. Nur der Teil der Ausstattung, auf dem sich Menschen bewegen, ist im Gelände wirklich gestellt worden, also die Einfahrt und die Rampe mit den sich bewegenden Menschen, Abb. 15. Die ungeheure Front selbst ist als Modell gebaut, Abb. 16, und nicht höher als etwa 2 m. Der Bau einer derartigen gewaltigen Ausstattung in natürlicher Größe würde mit außerordentlichen Kosten verbunden sein, die bei dieser Art der Ausführung nur gering sind, ohne daß der Eindruck beeinträchtigt ist. [M 2104] Dipl.-Ing. A. Lion

Abb. 16. Palastfront, als Modell von 2 m Höhe gebaut und aufgenommen

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501.)

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure. Herausgeg. von Conrad Matschoß. 16. Bd. Berlin 1926, VDI-Verlag. 354 S. m. 159 Abb. Preis 16 *M*.

Der 354 Seiten starke Band ist allen seinen Vorgängern an Umfang überlegen, er ist auch an Mannigfaltigkeit des Gebotenen wohl unerreicht. Das Vorwort von Matschoß gibt auf engem Raume einen meisterhaften kleinen Rundblick auf die wachsende Verwirklichung des geschichtlich-technischen Gedankens in den Kulturstaaten, vom Deutschen Museum und seinen älteren Vorbildern angefangen bis auf die neuen Versuche der jungen Staaten, in denen die Industrie sich seit dem Weltkriege mehr als früher zu verselbständigen beginnt. Wie wenig der geschichtliche Gedanke in der Technik in Gefahr ist, zu veralten, beweist das großzügige Vorgehen der Vereinigten Staaten in der Frage der Gründung technischer Museen.

Den reichen sachlichen Inhalt dieses Jahrbuchs kann ich nicht einmal aufzählen, wenn ich den verfügbaren Raum nicht erschöpfen will. Die Pflege des persönlichen Gedächtnisses großer Männer, die über alles Sachliche hinaus immer der belebende Mittelpunkt geschichtlichen Forschens bleiben wird, ist neben vielen Einzelmitteilungen hauptsächlich in zwei Arbeiten über Grashof und Hermann Gruson gewahrt. „Die wissenschaftlichen Leistungen F. Grashofs" von H. Lorenz, Danzig, geben in gedrängter Darstellung einen Querschnitt durch die eigentliche Lebensarbeit dieses großen Geistes, der mit dem Entstehen und Wachsen des Vereines deutscher Ingenieure und seiner Zeitschrift so unauflöslich verbunden war.

Das Lebensbild Grusons, bearbeitet von einem seiner wenigen noch lebenden Freunde, Max Dreger, Berlin, in Anlehnung an seine vor fünf Jahren gehaltene Hundertjahr-Festrede, aber mit reichen Neuforschungen, verbindet in anziehender Weise das rein Persönliche mit dem Schaffensleben eines Großen vom Felde der Erfindung und Tatkraft. Einen kleinen, wahrscheinlich aus Tradition von Mund zu Mund hervorgegangenen Irrtum zu berichtigen, mag hier erlaubt sein. Es trifft nicht zu, daß Gruson und Krupp sich nie persönlich kennen gelernt haben; meine soeben erschienene Krupp-Biographie bringt einige Einzelheiten üb[er] das in der Tat merkwürdige Verhältnis der beiden a[us] nahezu gleichem Holze geschnitzten und doch so unäh[n]lichen Männer.

Das Lebenswerk eines frühen Ingenieurs schild[ert] H. Th. Horwitz, Wien, in der Arbeit „Giuliano da S[an] Gallo". Nach dem Barberinischen Codex im Vatikan ist [an] Hand vieler Zeichnungen dieses großen Skizzenwerks e[in] umfassendes Bild der Arbeiten eines erfolgreichen In[ge]nieurs und Architekten des 15. Jahrhunderts entrollt. [Er]gänzend wirkt die kurze Wiedergabe der etwas später e[nt]standenen „Pirotechnia" des Biringuccio durch O. Johan[n]sen in Völklingen a. S., packende Bilder aus dem chemisc[h-]metallurgischen Wissen des 15. und 16. Jahrhunder[ts] wiederspiegelt in einem universalen Geiste, wie es je[ne] Zeit noch ermöglichte und in so reicher Fülle besaß.

Soviel aus dem biographischen Inhalt, der sachlic[h-]technische setzt sich aus einer Menge von Beiträgen z[u]sammen, von denen ich nur wenige noch knapp erwähn[en] kann. Die Geschichte der Budweis-Linzer Eisenbahn v[on] Bruno Enderes ist, aus reichen Studien geschöpft und dur[ch] viele biographische Notizen bereichert, in großer Ausfüh[r]lichkeit dargestellt. Mit Recht weist Matschoß im Vorwo[rt] auf die eben anhebende Jahrhundertepoche der Eisenbahn[en] hin, zu der die erwähnte Arbeit ein Vorspiel ist.

Unter den Sammelarbeiten des vorliegenden Bandes, d[ie] mit ihrem reichhaltigen Inhalt besondere Erwähnung ve[r]dienen, seien zuerst die „Beiträge zur Geschichte der auße[r]europäischen Technik" von H. Th. Horwitz genannt. K. [V.] Geisler hat die Übersicht einer Reihe von Jubiläumsden[k]schriften der letzten Jahre zu einem rundschauartigen Be[i]trage zur Industriegeschichte benutzt. Es folgt soda[nn] noch die übliche Rundschau kleiner geschichtlicher Miszelle[n] und endlich eine recht wertvolle Neuerung in Gestalt ein[er] Literatur-Übersicht technisch-geschichtlicher Arbeiten d[es] Jahres 1925.

Die Verfasser haben außer der Inhaltsübersicht d[er] alphabetisch erfaßten Literatur des In- und Auslandes dur[ch] eine große Zahl ebenso geordneter Stichwort-Hinweise d[ie] Benutzbarkeit dieser Quellen, mehr für die literarische Fac[h-]

welt wohl als für den allgemeinen Gebrauch, wesentlich gefördert. Alles in allem, das Jahrbuch wird jedem, dem Gegenwartsmenschen wie dem Freunde der Entwicklung und der Vergangenheit, etwas zu sagen haben, es verdient einen Platz im Bücherschrank jedes Ingenieurs.

[E 2725] W. Berdrow

Erhöhung der Wirtschaftlichkeit in den technischen Betrieben der Großeisenindustrie. Von K. Rummel. Düsseldorf 1926, Stahleisen. 105 S. m. 13 Abb. Preis 5 *M*. (Sonderheft der Fachausschüsse des Vereines Deutscher Eisenhüttenleute.)

Die vorliegende Arbeit des in der Fachwelt bekannten Verfassers weist den Weg, den die Hüttenindustrie beschreiten muß, um der Forderung nach zweckmäßiger Rationalisierung Rechnung zu tragen. Die wissenschaftliche Durchdringung der Betriebswirtschaft mit Hilfe der Kennziffern, wie des Rührigkeitsfaktors, des Betriebzeitfaktors, die Anwendung von neueren Erkenntnissen, die sich aus den Beziehungen der verschiedenen Zeiten zueinander ergeben, wie Gesamtzeit, Laufzeit, Leerzeit, Verlustzeit usw., geben dem verantwortlichen Industrieleiter bei der schwankenden Wirtschaft die Möglichkeit, Entschlüsse zu fassen. In wertvollen Darlegungen wird gezeigt, welche Verfahren man bei der Überprüfung von Betrieben und Werkanlagen verwendet. Selbstkostenberechnung, Betriebsanalyse und Arbeitzeitstudie spielen dabei eine Hauptrolle. Der Verfasser sagt auch sehr richtig: von größter, vielleicht ausschlaggebender Bedeutung für das Gedeihen eines Werkes ist das reibungsfreie Zusammenarbeiten der Personen, die planmäßige und richtig angewandte Bewirtschaftung des Menschenmaterials.

Der besondere Wert des Buches liegt darin, daß der Verfasser seinen Betrachtungen die eigenen praktischen Erfahrungen zu Grunde legt und mit Überzeugung und großem Schwung seinen Ansichten Ausdruck verleiht.

Das Buch kann jedem wirtschaftlich denkenden Techniker und Kaufmann bestens empfohlen werden. Es bietet einen ausgezeichneten und vollständigen Überblick über die neuzeitlichen Wirtschaftlichkeitstendenzen in der Großeisenindustrie, die sich sinngemäß auch auf andre Großbetriebe übertragen lassen.

[E 2598] Koppenberg

Gießerei-Handbuch. Herausg. vom Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, in Düsseldorf. 2. Aufl. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 413 S. m. 78 Abb. u. 100 Zahlentafeln. Preis 18 *M*.

Nachdem die erste Auflage des Handbuchs schon wenige Monate nach Erscheinen vollständig vergriffen war, ein Zeichen für das große Bedürfnis, das für ein solches Werk besteht, hat nunmehr die Geschäftsstelle des Vereins Deutscher Eisengießereien die 2. Auflage in gründlicher Arbeit in wesentlich verbesserter und erweiterter Form herausgebracht.

Das Buch ist nicht als Lehrbuch gedacht, sondern es soll dem praktischen Gießereimann eine Hilfe bei seinen technischen und wirtschaftlichen Anordnungen und Maßnahmen sein. Diesen Zweck erfüllt es in vorbildlicher und gründlicher Weise auch hinsichtlich der kaufmännischen Seite des Gießereiwesens. In 22 Abschnitten wird hier sehr übersichtlich ein Einblick in sämtliche Fragen der Gießereipraxis gegeben.

Die Ausstattung ist, wie man es beim Verlage gewohnt ist, einwandfrei. Das Handbuch verdient daher weite Verbreitung in allen Kreisen, die mittel- oder unmittelbar mit dem Gießereiwesen in Beziehung stehen, und stellt eine wertvolle Bereicherung der einschlägigen Fachliteratur dar.

[E 2596] Lohse

Wirtschaftlicher Städtebau und angewandte kommunale Verkehrswissenschaft. Von H. L. Sierks. Dresden 1926, Kaden & Co. 285 S. m. zahlr. Abb. Preis 38 *M*.

Das Buch ist eine Kampfansage an die vielen „Auchstädtebauer". Der Verfasser stellt sich mit seinen Gedanken, die durchweg auf klarer Erkenntnis der tatsächlichen Gegebenheiten beruhen, mit Absicht mit dieser Veröffentlichung andern Meinungen, an denen er eine vernichtende Kritik übt, entgegen. In dem Buche sind Tatsachen über Verluste von Vermögenswerten zusammengestellt, die man einfach für unmöglich halten sollte. Damit werden unsern Technikern auf dem Gebiete des Städtebaues und des Verkehrswesens mindestens ebenso große Vorwürfe gemacht wie unsern Volkswirten ob der verfahrenen Wirtschaft auf diesem Gebiete. Das Buch ist darum nicht nur für Techniker, sondern auch für Volkswirte und Verwaltungsbeamte der Gemeinden wichtig. Am stärksten wirken die Beispiele für fehlerhafte Anlagen, wonach es sich lohne, bereits angelegte Straßen, die nicht benutzt werden, wieder aufzuheben, Bürgersteige und Fahrdamm zu beseitigen und das Gelände zu verkaufen. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß man mit den übertrieben hohen Lasten des Städtebaues den ganzen Wohnungsbau hätte finanzieren können. Die Gedankengänge und die Vorschläge verdienen gerade heute ernste und gewissenhafte Beachtung.

Es ist bedauerlich, daß der hohe Anschaffungspreis des Buches verhindern wird, daß viele von dieser wertvollen Arbeit unterrichtet werden. Es dürfte sich empfehlen, daß der Verfasser seine Gedanken, seine Lehre in einem kleinen Buche zusammenfaßt und dieses zu einem niedrigen Anschaffungspreise verbreitet, wenn nicht Staat und Kommune dieses als eine ihrer Aufgaben erkennen sollten.

[E 2581] Stodiek

Abwärmeverwertung zur Heizung und Krafterzeugung. Von Hans Balcke. Berlin 1926, VDI-Verlag. 208 S. m. 68 Abb. Preis 4,80 *M*.

Die Windkraft in Theorie und Praxis. Von K. Bilau. Berlin 1927, Paul Parey. 157 S. m. 98 Abb. Preis 8,50 *M*.

Pompe Centrifughe. Von Mario Medici. Milano 1927, Ulrico Hoepli, Editore Librario della Real Casa. 585 S. m. 205 Abb. Preis 35 L.

Werkstattbücher, 26. H.: **Räumen.** Anwendung, Konstruktion und Herstellung der Räumnadeln. Von Leonhard Knoll. Berlin 1926, Julius Springer. 57 S. m. 129 Abb. Preis 1,80 *M*.

Werkstattbücher, 31. H.: **Gesenkschmiede.** Von P. H. Schweißguth. 1. T.: Arbeitsweise und Konstruktion der Gesenke. Berlin 1926, Julius Springer. 64 S. m. 231 Abb. Preis 1,80 *M*.

Praktische Statik. Einführung in die Standberechnung der Tragwerke. Von R. Saliger. 2. Aufl. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. 646 S. m. 650 Abb. Preis 33 *M*.

Der durchlaufende Träger über ungleichen Öffnungen. Von Emil Kammer. Berlin 1926, Julius Springer. 269 S. m. 303 Abb. Preis 27 *M*.

Introduction à la Statique graphique des systèmes de l'espace. Von B. Mayor. Préface de Maurice Paschoud. Lausanne, Genève, Neuchâtel, Vevey, Montreux et Berne 1926, Librairie Payot & Cie. 76 S. m. 27 Abb. Preis 4 Fr.

Tracciamento e compilazione per un progetto di **Strada Ruotabile.** Von G. Chiarini. Milano 1927, Ulrico Hoepli, Editore Librario della Real Casa. 307 S. m. 94 Abb. Preis 20 L.

Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie. Herausg. von W. Scholz und E. Valentin. 3. Jg. Berlin 1927, Ernst Valentin. 368 S. m. zahlr. Abb. Preis 6 *M*.

Zwei deutsche Luftschiffhäfen des Weltkrieges. Ahlhorn und Wildeshausen. Erinnerungen und Aufsätze ges. u. herausg. von F. Strahlmann. Oldenburg i. O. 1926, Oldenburger Verlagshaus Lindenallee. 306 S. m. 120 Abb. Preis 7 *M*.

Über die neuesten Wasserschall-Apparate und ihre Anwendungen. Von E. Lübcke. Leipzig 1926, Hachmeister & Thal. 29 S. m. 26 Abb. Preis 1,50 *M*.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. 2. Bd. Lehre von der strahlenden Energie. 1. Hälfte. Bearb. von O. Lummer. 928 S. m. 624 Abb. Preis 54 *M*. 3. Bd., 1. Hälfte: **Physikalische, chemische und technische Thermodynamik.** Bearb. von A. Eucken. Braunschweig 1926, Friedrich Vieweg & Sohn. 1185 S. m. 575 Abb. Preis 68 *M*.

Wissenschaftliche Vorträge, gehalten auf der Hochschultagung 1925 der Technischen Hochschule München 1926. Selbstverlag des Bundes der Freunde der Technischen Hochschule, München. 59 S. m. versch. Abb.

Die Wirtschaftlichkeit des geplanten automatischen Netzgruppensystems in den Ortsfernsprechanlagen Bayerns. Von Dr. Schreiber. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 63 S. m. 1 Anhang. Preis 21 *M*.

Teubners Handbuch der Staats- und Wirtschaftskunde. Leipzig und Berlin 1924, B. G. Teubner. Abt. I: **Staatskunde.** Bd. 1 H. 1: 194 S. Preis 5,40 *M*. Bd. 1 H. 2: 105 S. Preis 3,20 *M*. Bd. 2 H. 1: 73 S. Preis 2,10 *M*. Bd. 2 H. 2: 138 S. Preis 5,— *M*. Bd. 3: 72 S. Preis 1,70 *M*.

Abt. II: **Wirtschaftskunde.** Bd. 1 H. 1: 72 S. Preis 1,60 *M*. Bd. 1 H. 2: 47 S. Preis 1,80 *M*. Bd. 1 H. 3: 44 S. Preis 1,40 *M*. Bd. 1 H. 5: 108 S. Preis 3,20 *M*. Bd. 2 H. 1: 74 S. Preis 2,20 *M*. Bd. 2 H. 2: 120 S. Preis 3,60 *M*. Bd. 2 H. 3; 45 S. Preis 1,80 *M*. Bd. 2 H. 4: 33 S. Preis 0,75 *M*. Bd. 2 H. 5: 174 S. Preis 6,— *M*.

Die Schriftgießereien in Königsberg unter Friedrich dem Großen. 1740—1766. Von Ernst Crous. Berlin 1926, H. Berthold Privatdruck. 69 S. m. 1 Beilagenband. Preis 18 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Die Abscheidung von Hochofengichtstauben

In dem in Bd. 70 (1926) S. 1324 veröffentlichten Aufsatz geht Prof. Diepschlag auch auf die elektrische Gasreinigung und ihre Theorie ziemlich ausführlich ein. Über die Vorgänge, die sich in einem Elektrofilter abspielen, weiß man jedoch schon wesentlich mehr, als aus den Ausführungen von Diepschlag hervorgeht[1]). Wenn auch in manchen Punkten, z. B. bezüglich der quantitativen Mitwirkung des elektrischen Windes die Meinungen noch etwas auseinander gehen und die Theorie in einigen Teilen, z. B. hinsichtlich des Auflademechanismus der im Gas suspendierten Teilchen oder der Berücksichtigung der Turbulenz der Gasströmung noch weiter ausgebaut werden muß, ist man sich heute doch über die hauptsächlichen Grundlagen, insbesondere der elektrischen Vorgänge in einem Elektrofilter vollkommen im klaren und hat gerade hier in den letzten Jahren sehr viel Neues gelernt. Es dürfte deshalb nicht dem heutigen Stand der Forschung entsprechen, wenn man den Betrachtungen über die bei der Elektrofilterung eine Rolle spielende Entladung den Stand der Forschung vor etwa 20 Jahren zugrunde legt.

Wer die Literatur über Gasentladungen kennt, sieht aus der Arbeit von Diepschlag sogleich, daß er sich — lediglich ergänzt durch einige dabei nicht wesentliche Überlegungen aus der neuzeitlichen Atomtheorie von Bohr — stützt auf den Inhalt einer aus dem Jahre 1905 stammenden zusammenfassenden Arbeit von J. Stark. Wir verdanken J. Stark und J. J. Thomson die grundlegenden Untersuchungen über Gasentladungen, aber wir sind naturgemäß in den letzten 20 Jahren ein erhebliches Stück weitergekommen. Auf einige Mißverständnisse bei der Wiedergabe dieser älteren Theorien (Ionisierungsspannung, Kathodenfall usw.) sei nur hingewiesen.

Wichtiger ist, daß der von Diepschlag eingeschlagene Gedankengang, der, von den Vorgängen in der Glimmentladung ausgehend, den Spitzenstrom als einen Sonderfall derselben betrachtet und in den Vordergrund stellt, vom heutigen Standpunkt aus als abwegig bezeichnet werden muß und jedenfalls gerade die Hauptsache dessen, worauf es hier ankommt, zumindest verwischt. Im Gegensatz zu der Sachlage in der Glimmentladung haben wir es nämlich in der in den Elektrofiltern auftretenden Entladungsform, der sogenannten Korona, mit einer Entladung zu tun, bei der Raumladungen im Gas keine ausschlaggebende Rolle spielen und in deren Theorie Begriffe wie Kathodenfall und dergleichen keinen Platz haben. Auch den zum Schluß mitgeteilten praktischen Folgerungen aus den vorhergehenden theoretischen Betrachtungen (Verhinderung des Funkenüberschlages, Regelbarkeit der Filterspannung, Einfluß von Feuchtigkeit) kann ich wenigstens in dieser Form nicht zustimmen; die Dinge liegen hier doch viel verwickelter, und Vorschriften für den Betrieb der Elektrofilter, die sich aus der Praxis natürlich schon weitgehend ergeben haben und mit Nutzen angewendet werden, lassen sich durch die Theorie wesentlich tiefer begründen.

Greifswald Prof. Dr. R. Seeliger

[1]) Vergl. Siemens-Zeitschrift Bd. 7 (1927) Heft 1.

Entgegnung

Der Zweck meines Aufsatzes war, die bei den in Gebrauch befindlichen Gasreinigungsverfahren auftretenden Fragen näher zu kennzeichnen, soweit sie eine endgültige Lösung noch nicht gefunden haben. Bei der Naßreinigung ist das Studium des Verhaltens der Staubteilchen gegen Benetzbarkeit und der Vorgang beim Zusammenstoß von Staub und Wassertropfen beachtenswert, beim Gasfilter die Schaffung eines bei höheren Temperaturen beständigen Filterstoffes. Bei der elektrischen Gasreinigung habe ich zunächst, um auf die im Betrieb wichtigen Aufgaben hinweisen zu können, versucht, über die Vorgänge im elektrischen Feld eine gewisse Darstellung zu entwickeln. Selbstverständlich konnte es dabei nicht meine Aufgabe sein, über den heutigen Stand der Forschung auf diesem Gebiete zu berichten, sondern ich mußte mich auf die grundlegenden Erscheinungen beschränken. Daß ich mich dabei auf die im einschlägigen Schrifttum immer wiederkehrenden Arbeiten von Stark und Thomson berufe, wie aus den Fußnoten S. 1328 hervorgeht, ist erklärlich. Für die Zwecke eingehenden Studiums habe ich auf die Sammelberichte von Holm verwiesen sowie auf die Arbeit von Thein. Nicht die Schilderung des Standes der Forschung, sondern der Erfordernisse der Technik der elektrischen Hochofengasreinigung sollten mich zur Kennzeichnung der vorliegenden Fragen führen, indem ich auf die wichtigen Einflüsse der Gastemperatur, des Feuchtigkeitsgehalts, der Staubbeschaffenheit usw. hinwies.

Eine kürzlich erschienene Veröffentlichung von Walzel[2]) enthält, ohne auf die Beschaffenheit der Glimmhülle einzugehen, weitgehende Übereinstimmung mit meiner Darstellung. Auch dort wird als wesentlich für das Gelingen des Reinigungsvorganges die Erzeugung eines inhomogenen Feldes bezeichnet, während ich auf die Notwendigkeit einer Verschiebung der Ionenkonzentration hinweise. Ob für den Erfolg des Reinigungsvorganges das Auftreten der Korona ausreichend ist, bei der Raumladungen im Gas keine ausschlaggebende Rolle spielen, läuft schließlich auf die Frage der Anwendungsmöglichkeit der Flächenelektrode hinaus. Walzel erkennt so wie ich den Vorteil der Drahtelektrode an. Wenn auch über die hauptsächlichen Grundlagen insbesondere der elektrischen Vorgänge im Elektrofilter Klarheit geschaffen sein sollte, so war die Übertragung dieser Erkenntnisse auf die Praxis bei Abfassung meines Aufsatzes, vielleicht mit einer Ausnahme, noch nicht gelungen, die von mir gekennzeichneten Einflüsse von Feuchtigkeitsgehalt, Staubbeschaffenheit usw. waren auch nach Ansicht von Edler[3]) noch nicht geklärt. [D 2504]

Breslau Prof. Diepschlag

[2]) Walzel, Die Physik der Gasreinigung, Berg- und Hüttenm. Jahrbuch der Montan. Hochschule, Leoben, Wien 1926, Springer.
[3]) Zuschrift Edler, „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1514.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

3D. 71 SONNABEND, 5. FEBRUAR 1927 NR. 6

Grenzen der Normung[1]

Von Obering. K. Gramenz, Berlin

Untersucht werden die Grenzen, die der Normung mit Rücksicht auf Überlieferung, Individualismus, Wettbewerb, technische Entwicklung und technisches Unvermögen gesetzt sind.

Die Normung wird mehr und mehr zu einem Wesensbestandteil der industriellen Gütererzeugung und des Verkehrs. Je weitere Kreise die Normung ieht, desto häufiger taucht auch die Frage auf: „Wie veit geht die Normung noch, wo sind ihr Grenzen geetzt?"

Da die Normung in weitester Auslegung des Begriffes iemlich allumfassend ist, sollen die nachfolgenden Berachtungen über ihre Grenzen sich nur auf die Verrauchsgüter und dabei wieder im engeren Sinne nur auf ie technischen Verbrauchsgüter beziehen. Da bei diesen icht Geschmack oder Mode, sondern lediglich der Verrendungszweck entscheidend ist und für diesen sich doch ine zweckentsprechendste Form, ein wirtschaftlichstes Verahren oder bei Werkstoffen eine die besten Eigenschafen verbürgende Zusammensetzung finden läßt, könnte man ei flüchtiger Betrachtung zunächst annehmen, daß hier ler Normung keinerlei Grenzen gesetzt seien und die 'ereinheitlichung bis zum äußersten getrieben werden könnte. Wir werden aber im folgenden sehen, daß nan sich auch bei der Normung nicht gänzlich von überieferten Verhältnissen freimachen kann. Man kann auch ier die menschlichen Unzulänglichkeiten und einen geunden Individualismus nicht ganz ausschalten. Wir lürfen uns den Weg zu technischer Weiterentwicklung icht versperren und einen anspornenden Wettbewerb icht unterbinden. Wir müssen auch daran denken, daß ins technisches Unvermögen und einfach nicht erfüllbare 'orderungen Grenzen setzen, die wir nicht überschreiten önnen. Selbstverständlich kann man bei Untersuchung ler Grenzen der Normung nicht zu einem festumrissenen Ergebnis kommen, zu Richtlinien, die sich in einigen wenigen klar umschriebenen Leitsätzen ausdrücken lassen. Man kann vielmehr nur an der Hand von Beispielen untersuchen, vo der Normung Grenzen gesetzt sind. Wir müssen uns klar darüber sein, daß alle Betrachtungen nur von unserm eutigen Standpunkt aus gesehen zu bewerten sind und Zeit, technische Entwicklung und wirtschaftliche Umlagerungen die Verhältnisse ändern und die Grenzen der Normung verschieben werden.

Überlieferung

Ein ganz besonders anschauliches Beispiel, wie der Normung durch Überlieferung Grenzen gesetzt sein können, bietet die Normung der Gewindesysteme. Nebeneinander bestehen in Deutschland das streng an las englische Original angelehnte Whitworthgewinde und las metrische Gewinde, beide in der Zuordnung der Steigungen zum Durchmesser nicht wesentlich verschieden, ganz abzusehen von den Unterschieden im Flankenwinkel. Somit stehen technische Gründe einer einheitichen Norm nicht entgegen. Das Whitworthgewinde mit seinen Zolldurchmessern und Zollsteigungen wird in Ländern mit metrischem Maß stets als ein Fremdkörper empfunden werden, und doch hat es sich durch die Überlieferung in der deutschen Industrie eingebürgert; ungeheure Bestände an Werkzeugen und Lehren — vor allen Dingen auch an solchen von seltener gebrauchten, teuren Abmessungen, die nicht so leicht der Erneuerung bedürfen — sind vorhanden, auf Jahre hinaus sind Ersatzteile mit Whitworthgewinde zu liefern, und auch die Ausfuhr von Maschinen nach Zoll-Ländern ist in Betracht zu ziehen. Daher ist verständlich, wenn sich dem Übergang zur alleinigen Anwendung des metrischen Gewindes wenigstens zur Zeit noch erhebliche Schwierigkeiten entgegenstellen.

Besonders nachteilig wirkt sich die Festlegung zweier Gewindesysteme auf die Schraubennormung aus. Die Dinormen enthalten etwa 50 Blätter für Schrauben mit Whitworthgewinde und etwa 70 für solche mit metrischem Gewinde. Zieht man nun die gängigsten blanken und rohen Sechskantschrauben, Stiftschrauben und Schlitzschrauben, d. h. also etwa 50 von 120 Normblättern, in Betracht, so hat man unter Berücksichtigung der verschiedenen Durchmesser schon etwa 300 Whitworthschrauben und etwa 400 metrische Schrauben. Werden aber noch die festgelegten Schraubenlängen mit einbezogen, so sind im ganzen rd. 4200 Whitworthschrauben und rd. 5400 metrische Schrauben vorhanden. Multipliziert man diese Zahlen mit den von jeder Schraubengröße auf Vorrat zu haltenden Stückzahlen, oder mit der Tageserzeugung einer Maschine, so wird man sich einen Begriff machen können, welche ungeheure Belastung das Nebeneinanderbestehen der beiden Gewindesysteme, abgesehen von den Auswirkungen auf die Werkzeug- und Lehrenfrage, für die deutsche Industrie bedeutet.

Weitere Beispiele, wo der Normung durch die notwendige Rücksichtnahme auf Überliefertes Grenzen gesetzt sind, sind das metrische Gewinde unter 6 mm, bei dem die Steigungen und Durchmesser des Loewenherzgewindes übernommen werden mußten, das Feingewinde des Lokomotivbaues für Armaturen mit der Steigung von 10 Gang auf 1″, das Panzerrohrgewinde (DIN VDE 430) mit dem Flankenwinkel von 80°, das Gewinde für Unverwechselbarkeitseinsätze zu Schraubstöpsel-Sicherungen (DIN VDE 9301) mit $^3/_{16}$″ Dmr. und 24 Gang auf 1″ und endlich das Gewinde an den Feuerlöschstutzen der Reichsbahn.

Ein Beispiel, wo der Normung, und zwar der internationalen Normung, schier unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstehen, bietet die Spurweite der Eisenbahnen. Sie ist in fast sämtlichen Ländern Europas mit 1435 mm festgelegt, in Rußland jedoch mit 1524 mm und in Spanien mit 1740 mm. Trotz der Umständlichkeiten und Unbequemlichkeiten, die diese Abweichung in der Spurweite an den Grenzstationen zur Folge hat, werden die genannten Länder mit Rücksicht auf die Kosten und unübersehbaren Störungen im

[1] Aus Anlaß ihres 50jährigen Bestehens hat die Firma Bauer & chaurte, Rheinische Schrauben- und Mutternfabrik A.-G., Neuß a. Rh., in Buch herausgegeben, das vor allem solche Abhandlungen bringt, ie für den Erzeuger und Verbraucher der Fabrikate genannter Firma on besonderem Interesse sein werden. Unter diesen Abhandlungen efindet sich auch ein Beitrag des Verfassers unter gleichem Titel.

inneren Verkehr an eine Anpassung an die Norm der andern Länder praktisch nicht denken können.

Beachtenswert ist auch die in DIN 228 festgelegte Reihe der anzuwendenden Werkzeugkegel, die im mittleren Teil die Morsekegel 0 bis 6 und für die kleineren und größeren Werkzeuge metrische Kegel enthält. Man nahm die Verschiedenheit im Kegelwinkel zwischen Morsekegeln und metrischen Kegeln und zwischen den Morsekegeln untereinander in den Kauf mit Rücksicht auf die Verbreitung, die der Morsekegel an vorhandenen Werkzeugen und Werkzeugmaschinen hat, und auch mit Rücksicht auf die Ausfuhr. Die geringen Unterschiede in den Kegelwinkeln sind auf der Schleifmaschine bei der Bearbeitung aber kaum mehr einstellbar. Die Herstellung der Kegel wird daher erheblich erschwert, da von Fall zu Fall versucht werden muß, die Schleifmaschine auf den betreffenden Kegelwinkel einzustellen, während bei alleiniger Einführung des metrischen Kegels mit dem Kegel 1 : 20 die einmalige Einstellung der Maschine genügt hätte und eine wesentlich gleichmäßige Fertigung gesichert wäre.

Ein Fall von ganz einschneidender Bedeutung liegt in der Normung der Paßsysteme vor. Wenn man vielleicht auch, absolut genommen, der Einheitswelle in konstruktiver Hinsicht und in den Bearbeitungskosten eine Überlegenheit zusprechen kann, was auch bei der Massenfertigung gewisser Teile in beschränkter Mannigfaltigkeit zutrifft, so bietet die Einheitsbohrung bei gemischter Fertigung und einer gewissen Verschiedenartigkeit der Erzeugnisse doch den Vorteil der geringeren und übersichtlicheren Werkzeughaltung, was sich vor allen Dingen in den Beschaffungskosten für die Werkzeuge und Lehren auswirkt. Da in den meisten Fabriken aber gemischte Fertigung und eine gewisse Mannigfaltigkeit, wenn auch nicht immer in der Art der Erzeugnisse, so doch in der Zahl verwandter Maschinengattungen vorliegt, so wendet man aus den bestehenden Verhältnissen heraus weitgehend die Einheitsbohrung an, wenngleich auch für die erstrebenswertere Massenerzeugung fast ausnahmslos die Einheitswelle das vorteilhaftere Paßsystem sein würde. Man hat also bestehenden Verhältnissen Rechnung getragen und zwei Paßsysteme nebeneinander festlegen müssen, während das Ziel der Normung ein einziges Paßsystem hätte sein sollen und auch gewesen ist.

Aus dem Nebeneinander der beiden Paßsysteme ergeben sich zweifellos Schwierigkeiten im Zusammenarbeiten verschiedener Fabriken miteinander. Ein Beispiel sind die Wellenstümpfe an Elektromotoren.

Ein anderer Fall, wo das Festhalten am Überlieferten die Normung behindert hat, ist die Normung der Ringschrauben (Ösenschrauben), bei denen die aus der Erfahrung überlieferten Anschauungen in Anbetracht der Verantwortung, die mit der Aufhängung schwerer Lasten verbunden ist, eine einheitliche Norm nicht zustandekommen ließen.

Individualismus

Die Normung soll das Betonen der Eigenart nicht in einer alles umfassenden Gleichmacherei unterdrücken, sie soll aber dort einsetzen, wo Sonderbestrebungen sich nicht in berechtigter Weise auswirken können und nur eine Zersplitterung der Kräfte bedeuten. Die Normung soll vielmehr diese Kräfte und Mittel frei machen für andre, wirklich dringende Aufgaben. In unberechtigter Weise tritt die Betonung der persönlichen Eigenheit vielfach bei den Dingen auf, die dem Geschmack und der Mode unterworfen sind. Weiteste Kreise müssen erst lernen, das Wesentliche von dem Unwesentlichen zu unterscheiden und die Norm dort zu fordern, wo sie angebracht ist und zur Verbilligung unsrer Lebenshaltung beitragen kann.

In krasser Form tritt der Individualismus im Wettbewerb in Erscheinung. Jeder ist bemüht, etwas Besonderes zu schaffen und die Kundschaft an sich zu ziehen und — besonders für das Ersatzteilgeschäft — an sich zu fesseln. Dieser Zustand ist wohl vom Standpunkt der einzelnen Fabrik erstrebenswert, für die Allgemeinheit aber unwirtschaftlich. In immer weiteren Kreisen setzt sich daher die Erkenntnis durch, daß das Allgemeinwohl dem des Einzelnen vorangestellt werden und mit der Hebung des Allgemeinwohls letzten Endes auch das der Einzelnen steigen muß, indem durch die Normung die gesamte Gütererzeugung verbilligt und deren Ergebnis weitesten Kreisen zugänglich gemacht wird.

Mit einer gewissen Berechtigung wurde die Baunormung zunächst unter Beachtung ländlicher Eigenheiten, eines bodenständigen Baustils und durch die Anpassung an jeweils vorherrschende Witterungsverhältnisse durchgeführt. Doch auch hier siegt die Normung allmählich über Althergebrachtes.

Erheblich größere Schwierigkeiten stehen der Normung durch den Individualismus bei der Form der Pflugschare entgegen. Diese wird durch die sehr verschiedenartige Bodenbeschaffenheit bestimmt, durch die Art des Pflügens und der verwendeten Zugkraft und endlich durch Jahrhunderte alte Gewohnheiten eines Menschenschlages, der am Althergebrachten mit besonderer Zähigkeit festhält, so daß bei den schwer zu erfassenden Verbraucherkreisen die erfolgreiche Durchführung einer Normung wenigstens einstweilen aussichtslos erscheint. (Für die Anschlußmaße der Pflugkörper hingegen wird eine Norm bearbeitet.)

Ein Gebiet, bei dem in ganz besonderem Maße die jeweiligen Verhältnisse beobachtet werden müssen, sind die Verpackungen. Abgesehen von den Fällen, in denen persönlichen Wünschen, Geschmack und Mode, weiter dem Wettbewerb Rechnung getragen wird, ist zu beachten, daß die Art des Versandes, die Verkaufsweise im Kleinverkauf, die Beförderungsmöglichkeiten und -eigentümlichkeiten der Vereinheitlichung hemmend entgegenstehen.

Technische Entwicklung

Für die Normung scheiden natürlich alle die Dinge aus, die sich noch stark in der Entwicklung befinden. Man kann selbstverständlich von keinem Gegenstand mit unfehlbarer Sicherheit sagen, daß seine Entwicklung abgeschlossen sei. Eine Norm muß sich daher der technischen Entwicklung in Herstellverfahren und Anwendung anpassen. Dies trifft vielleicht in höherem Maß auf Stoffnormen als auf Maßnormen zu. Grundsätzlich sei aber nochmals betont, daß nur die Normung solcher Dinge in Angriff genommen werden kann, deren Entwicklung wenigstens einen gewissen und vorläufigen Abschluß erreicht hat. Andernfalls besteht die Gefahr, daß die Normung die Wiederholung von Fehlern begünstigt. Diese Gefahr dürfte besonders dann vorliegen, wenn unreife Normen in behördliche Vorschriften hineinkommen, deren Änderung oft nicht ganz leicht durchzuführen ist.

Eine Frage von grundsätzlicher Bedeutung ist, ob für handelsübliche Normteile der Werkstoff festgelegt werden soll. Selbstverständlich hat die Normung handelsüblicher Teile nur bedingten Wert, wenn sie sich nur auf die Abmessungen, nicht aber auf die Eigenschaften bezieht. Ein Treibkeil oder ein Kegelstift aus zu weichem Stahl ist wertlos, eine Schraube ist unbrauchbar, wenn sie aus ungeeignetem Werkstoff hergestellt wird. Nun kann man sich wohl darauf verlassen, daß ein gewissenhafter Fabrikleiter, der sich seine Kundschaft erhalten will, bestrebt ist, für seine Erzeugnisse stets den Werkstoff zu verwenden, der die Gebrauchsfähigkeit gewährleistet. Aber für die Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit sind auch Unterschiede vorhanden. Eine Paßfeder für hochbeanspruchte Kraftfahrzeugteile erfordert einen Werkstoff von höherem Wert als beispielsweise eine Paßfeder an einer nur von Hand betätigten Kranwinde. Da die Güte des Werkstoffes natürlich auch den Preis des Normteiles beeinflußt, hat der Verbraucher ein gewisses Interesse an der Bestimmung des Werkstoffes. Um dem Verbraucher diese Bestimmung zu erleichtern, den Erzeuger aber vor unbegründeter Willkür des Bestellers zu schützen, kann es daher zweckmäßig sein, für handelsübliche Teile die Maßnorm noch durch die Werkstoffangabe zu ergänzen und dabei gegebenenfalls zwei oder mehrere Güteklassen festzulegen.

Die starre Vorschrift eines bestimmten Werkstoffes kann aber dem Erzeuger unbequem werden. Für ihn ist es unter Umständen wirtschaftlicher und in der Lagerhaltung einfacher, beispielsweise Kegelstifte nur aus

nem einzigen, aber hochwertigen Werkstoff herzustellen, als aus zwei Werkstoffen verschiedener Güte. uch ist eine gewisse Bewegungsfreiheit mit Rücksicht af die Verwendung von Restbeständen oder Abfällen ernscht.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Wahl des Werkoffes hat auch das Herstellverfahren. Mit Rücksicht af die Bearbeitung auf Schmiedemaschinen und in esenken kann es zweckmäßig sein, einen Ausgangserkstoff von geringer Festigkeit zu nehmen und nach folgter Bearbeitung durch veredelnde Weiterbehandlung e für die Verwendung des Gegenstandes erforderlichen erkstoffeigenschaften zu erzielen. Da die Herstellverhren in hohem Maß Angelegenheit des Erzeugers und elfach noch stark in der Entwicklung begriffen sind, nn die Festlegung des Werkstoffes bei Normteilen denklich sein. Für bestimmte Teile hat sie auch nur dingten Wert. Bei einer Schraube z. B. kann der opf zum Abreißen neigen, wenn der Werkstoff bei der erarbeitung verdorben worden ist, etwa beim Aufauchen des Kopfes infolge ungenügender Erwärmung er eines unzweckmäßigen Stauchvorganges.

Für den Verbraucher kommt es in erster Linie daraf an, daß das bezogene Enderzeugnis den bei der Verendung auftretenden Beanspruchungen gewachsen ist. as Interesse des Verbrauchers würde in solchen Fällen Beispiele sind neben Schrauben auch Muttern, hraubenschlüssel u. a. m. — viel besser durch Aufstelng bestimmter Prüfvorschriften für die Fertigerzeugnisse wahrt werden als durch die Festlegung des Werkstoffes, s dem die Teile herzustellen sind.

Wettbewerb

In der Normung muß auch ein gesunder Wettbewerb wahrt bleiben als eine Triebfeder des Fortschrittes. ie Normung muß den technischen Leistungen des Einlnen dort, wo diese sich mit Erfolg auswirken können, eie Hand lassen. Ein Beispiel bildet die N o r m u n g er W e r k z e u g e. Während bei Schrauben und Nieten stimmte Werkstoffeigenschaften am Fertigerzeugnis rhanden sein und im Interesse der allgemeinen cherheit gefordert werden müssen, kommt für den erbraucher von Werkzeugen lediglich ihre Verwendrkeit in Frage, die nach Schneidleistung, Güte der rbeit und Lebensdauer bewertet wird. Dies sind Eigenhaften, deren Auswirkungen so sehr von besonderen nständen abhängen, daß die Aufstellung einfacher und nwandfreier Prüfverfahren äußerst schwierig ist; die urteilung unterliegt daher sehr dem Gefühl des Einlnen, und die Aufstellung von Normen hierfür ist ußerordentlich schwierig, wenn nicht unmöglich. Sie auch im allgemeinen nicht so nötig, denn der Verraucher wird bei Werkzeugen eher als bei andern Normilen nach einigen Erfahrungen bald erkannt haben, von lcher Werkzeugfabrik er gut bedient wird.

Schneidleistung, Güte der Arbeit und Lebensdauer ngen bei Werkzeugen von der Wahl des Werkstoffes, n der Härtung und vom Schneidwinkel ab, weiter von r Ausbildung der Nuten für den Spanablauf. Verhiedene Werkstoffe bedingen für die Bearbeitung nterschiede im Schneidwinkel. Alle diese Faktoren nterliegen in hohem Maße persönlichen Erfahrungen. ie Normung der Werkzeuge erstreckt sich daher auch r auf die Festlegung der Hauptabmessungen einschließh der Toleranzen für Gewindebohrer, nicht aber auf erkstoff, Schneidwinkel, Zähnezahl, Zahnform, Anzahl d Form der Nuten.

Ein wichtiges Kapitel in der Normung sind Anforderngen an die M a ß g e n a u i g k e i t. Die Festlegung r Maßgenauigkeit ist in vielen Fällen wichtig, um die erwendbarkeit eines Normteiles zu gewährleisten, sie rkt in gewissen Grenzen aber verteuernd auf die Herellung ein und soll sich daher nur auf das unbedingt otwendige und im Rahmen einer wirtschaftlichen Herellung Erreichbare beschränken. Gesteigerte Massenrtigung bringt durch die Anwendung von Vorrichtunn und Lehren häufig auch eine Erhöhung der Maßnauigkeit mit sich. Für die Beschaffung solcher Einrichtungen muß aber auch ein ausreichender Massenbedarf sichergestellt sein oder die Verteilung der Aufträge auf einige Werke vorgenommen werden, damit wenigstens in diesen die Fertigung in ausreichenden Stückzahlen ermöglicht wird. Güteanforderungen, die nur für gewisse Fälle angebracht erscheinen, sollen nicht auf Handelsware verallgemeinert werden. Sie wirken sich im Preise auch auf Erzeugnisse gleicher Art aus, bei denen nicht so hohe Genauigkeit gefordert zu werden braucht, weil unter Umständen die geregelte Massenfertigung durch die Schaffung zweier Güteklassen gestört werden kann.

Technisches Unvermögen

In der Normung gibt es, wie erwähnt, auch Fälle, in denen technisches Unvermögen dem Wünschen und Wollen Grenzen setzt, z. B. auf dem Gebiet der Maßgenauigkeit. Bei der Unvollkommenheit der Herstellverfahren und der Unsicherheit der Meßverfahren ist es praktisch unmöglich, gleichartige Stücke auch nur in einem Maß vollkommen genau gleich zu machen. Die Herstellgenauigkeit ist von dem im Rahmen einer wirtschaftlichen Fertigung anzuwendenden Herstellverfahren abhängig; sie kann beim Walzen von Blechen und Profilen einige Millimeter betragen, bei Endmaßen jedoch nur einige zehntausendstel Millimeter. Die Meßgenauigkeit ist im Interferenzkomparator auf wenige hunderttausendstel Millimeter gesteigert worden, sie ist aber bei den in der Werkstatt anwendbaren Meßgeräten wesentlich geringer. Sie wird durch die bekannten Faktoren der Unsicherheit mehr oder weniger beeinflußt.

Unsicherheiten in Herstell- und Meßgenauigkeiten stellen an sich noch nicht Grenzen der Normung dar. Aufgabe der Normung ist vielmehr, Maßgenauigkeiten so festzulegen, daß sie dem im Rahmen einer wirtschaftlichen Fertigung anzuwendenden Herstellverfahren entsprechen und den Grad der Unsicherheit, der in den anzuwendenden Meßverfahren (und -geräten) liegt, berücksichtigen. Schwierig werden die Verhältnisse nur dort, wo aus dem Zusammenbau von Teilen und den durch die Betriebsverhältnisse gegebenen Bedingungen hierfür sich Anforderungen an die Maßgenauigkeit ergeben, die praktisch nicht erfüllbar sind.

Ein Beispiel bietet der E i n b a u v o n K u g e l l a g e r n. Die Herstellgenauigkeit der Kugellager bewegt sich schon an der Grenze des heute Erreichbaren. Sie genügt gewissen Anforderungen des Austauschbaues. Werden aber besondere Anforderungen an die Gleichartigkeit der Sitze gestellt, so müssen die Gegenstücke mit ungewöhnlicher Genauigkeit hergestellt werden, wenn die Forderung der unbedingten Austauschbarkeit erfüllt werden soll. Die im technischen Unvermögen begründeten Schwierigkeiten, die Maßgenauigkeit bei den Kugellagern und ihren Gegenstücken über eine gewisse Grenze hinaus zu steigern, ließen lange Zeit davon Abstand nehmen, für den Einbau von Kugellagern feste und allseitig anerkannte Normen aufzustellen.

Ähnliche Schwierigkeiten bietet die Aufstellung von T o l e r a n z e n f ü r W e r k z e u g k e g e l. Herstell- und Meßverfahren bedingen für die Herstellgenauigkeit fester Kegellehren Werte, die nicht leicht unterschritten werden können. Die Kegel an Werkzeugen und Maschinenspindeln zeigen naturgemäß wieder Abweichungen gegenüber diesen Lehren. Zur Zeit schweben Versuche, ob die auf dem bezeichneten Wege erreichbare Genauigkeit noch ein ausreichendes Haften des Werkzeuges in der Spindel gewährleistet, oder ob auch hier der Normung Grenzen gesetzt sind. Dann bleibt aber noch die Möglichkeit, die Herstellgenauigkeit von Werkzeugkegeln unter Berücksichtigung andrer Meßverfahren in einer den Betriebsverhältnissen genügenden Genauigkeit festzulegen.

Auch bei Aufstellung der G e w i n d e l o c h b o h r e r nach DIN 336 waren der Normung Grenzen gezogen. Mit Rücksicht auf das durch verschiedene Faktoren beeinflußte Aufschneiden beim Bohren mußte auf dem Normblatt vermerkt werden, daß die festgelegten Gewindebohrerdurchmesser nicht für Muttergewinde in Betracht kommen, deren Kerndurchmesser innerhalb der in den Gewindetoleranzen festgelegten Grenzwerte liegen sollen.

Die angeführten Gründe lassen Grenzen aus technischem Unvermögen für die Maßnormung da erkennen, wo mit Rücksicht auf technische Anforderungen Maßgenauigkeiten vorgeschrieben werden müßten, die nach dem zeitlichen Stande der Herstell- und Meßverfahren nicht einzuhalten sind. Diese Fälle sind selten. Im allgemeinen aber dürften der Maßnormung aus technischem Unvermögen keine Grenzen gesetzt sein, da es menschlichem Ermessen anheimgestellt bleibt, sich für irgendeine Abmessung auf ein bestimmtes Maß zu einigen und hierfür eine im Rahmen des Möglichen liegende Herstellgenauigkeit vorzuschreiben.

Die Verhältnisse für die Werkstoffnormung liegen grundsätzlich nicht anders. Auch hier handelt es sich ja nur darum, Normen aufzustellen, die im Rahmen des Erreichbaren liegen, d. h. chemische und Festigkeitseigenschaften in solchen Grenzen festzulegen, daß sie eingehalten werden können. Die Werkstoffherstellung ist sehr weitgehend von den zur Verfügung stehenden Rohstoffen abhängig, beim Stahl also von den Eigenschaften des zu verhüttenden Erzes und der zu verwendenden Kohle. Diese sind nun selbst innerhalb der Grenzen eines Landes wie Deutschland verschieden. Aber abgesehen von diesen Unterschieden in den Rohstoffen ist die Werkstoffherstellung von einer Reihe von Einflüssen abhängig, die zum Teil heute noch wenig erforscht sind. Die grundsätzlichen Unterschiede in der Art des Arbeitsverfahrens und der Möglichkeit der Prüfung während der Arbeit schaffen für die Aufstellung von Werkstoffnormen andre Bedingungen als für die Aufstellung von Maßnormen, Bedingungen, die bei der Werkstoffnormung nicht so sehr der freien Willensbestimmung unterliegen, sondern von zum Teil heute noch unbeherrschten Einflüssen bestimmt werden. Die Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse kann zweifellos in gewissem Maße mit den Erzeugungsmengen gesteigert werden. Die Werkstoffnormung muß sich deshalb noch mehr als die Maßnormung darauf beschränken, wenige dem Durchschnitt der Anforderungen entsprechende Marken zu schaffen.

Besondere Schwierigkeiten macht die Festlegung der Festigkeit und der Dehnung von gezogenem Stahl, weil man die Verfestigungsvorgänge beim Ziehvorgang aus verschiedenen Gründen nicht vollkommen in der Hand hat.

Auch der Normung der Schleifscheiben sind — soweit es sich um die Eigenschaften handelt — Grenzen gezogen, die auf technisches Unvermögen zurückzuführen sind. Bisher machte mangels geeigneter Prüfverfahren die einheitliche Angabe der Korngröße und der Härte der Scheiben Schwierigkeiten. Durch Schaffung von Normalsieben und Festlegung des Prüfvorganges scheint heute die Normung der Korngrößen möglich, während die Normung der Härte der Scheiben noch wenig aussichtsreich erscheint.

Zusammenfassung

Das immer stärker werdende Bedürfnis nach Normung ist eine Folge des Strebens nach planvollerer Gütererzeugung. Die Normung soll helfen, Gütererzeugung und Güterverkehr zu verbilligen. Von einer Norm muß daher in erster Linie gefordert werden, daß sie wirtschaftlich ist. Sonst lähmt sie die Wirtschaft oder bleibt auf dem Papier stehen. Und aus dieser grundsätzlichen Forderung ergeben sich bereits die Grenzen der Normung.

Die Normung kann an Überlieferungen nicht achtlos vorbeigehen, wenn sie nicht schwere Schäden durch die Preisgabe ungeheurer Anlagewerte zur Folge haben soll; sie kann sich nicht einfach über bestehende Wirtschaftsformen hinwegsetzen, sondern sich nur in ihnen auswirken. Sie kann technische Anschauungen nicht von heute auf morgen umstellen, sondern sie muß die Erkenntnis mit der Zeit reifen lassen. Persönliche Einstellung, bedingt durch Erfahrungen und örtliche Verhältnisse, kann nicht vergewaltigt werden. Der technischen Entwicklung muß der Weg freibleiben. Die Normung soll nicht den gesunden Wettbewerb ausschalten, sie soll nur der unbegründeten und unwirtschaftlichen Vielheit Einhalt tun. Technisches Unvermögen tritt der Normung an den Grenzen der Maßgenauigkeit und in der Werkstofferzeugung entgegen.

Mit den angeführten Gesichtspunkten sind sicher die Grenzen der Normung noch nicht erschöpfend behandelt; sie zeigen aber, daß der Normung so viele natürliche Grenzen gesetzt sind, daß alle Befürchtungen, die Normung könne zu weit gehen und zu einer nachhaltigen Schädigung unsrer Wirtschaft führen, sicher unbegründet sind. [B 2211]

Über Interpolation[1]

Neben der bekannten Interpolation von Zwischenwerten bei Funktionen einer reellen Veränderlichen liegt in der Mechanik, z. B. in der Aeromechanik bei der Berechnung des Tragflächenauftriebs, zuweilen auch folgende Aufgabe bei komplexen Größen vor: Gegeben ist eine geschlossene Linie in der Ebene der komplexen Zahlen. Die Werte, die eine Funktion in einzelnen Punkten dieser Kurve annehmen soll, sind vorgeschrieben; man soll in möglichst einfacher Form eine Funktion der komplexen Veränderlichen angeben, die die vorgeschriebenen Werte annimmt. Der Aufgabe genügt formal die Lagrangesche Interpolationsformel. Es entsteht aber die Frage, ob die durch die Lagrangesche Formel gelieferten Funktionen konvergieren, wenn die vorgeschriebenen Werte dichter und dichter werden. Man kann sich leicht überzeugen, daß die Lagrangeschen Interpolationspolynome in einem beliebig gewählten Punkte der Kurve divergieren können, obschon die Interpolationsstellen der Kurve sich überall verdichten.

Um die Konvergenz der Interpolationspolynome zu erreichen, muß man entweder die Wahl der Interpolationsstellen oder die der Funktion oder die von beiden enger einschränken.

Es sei z. B. C eine stetige, doppelpunktlose geschlossene Kurve in der komplexen z-Ebene. Man soll auf dieser Kurve für jede natürliche Zahl n eine Gruppe G_n von n Punkten folgender Eigenschaft angeben: Ist $f(z)$ eine beliebige analytische Funktion der komplexen Variabeln z, die innerhalb und auf der Kurve C überall regulär ist, und bezeichnet $L_n(z)$ dasjenige Lagrangesche Interpolationspolynom, das zur Punktgruppe G_n und zur Funktion $f(z)$ gehört, so konvergiert die Folge $L_1(z), L_2(z), \ldots, L_n(z), \ldots$ in dem durch C umgrenzten abgeschlossenen Bereiche B gleichmäßig gegen $f(z)$.

Diese Aufgabe wurde für den Fall des Kreises von Runge gelöst; er hat auch auf den Fall einer beliebigen Kurve hingewiesen. Die genaue Formulierung und Lösung der Aufgabe für eine beliebige Kurve wurde von Fejér gegeben.

Der Fejérschen Lösung kann eine zweite Lösung zur Seite gestellt werden, bei der die Punkte, in denen man interpoliert, völlig elementar definiert sind:

Es bezeichne $V(z_1, z_2, \ldots, z_n)$ die Vandermondesche Determinante der Größen $z_1, z_2, \ldots, z_n$ oder mit andern Worten das Produkt $\prod_{1,\, i<k}^{n} (z_i - z_k)$, und G_n sei eine Punktgruppe, gebildet aus solchen n-Punkten der Kurve C, für die der absolute Betrag von $V(z_1, z_2, \ldots, z_n)$ seinen größten Wert erreicht. Ist $f(z)$ eine beliebige analytische Funktion von z, die in dem von C umgrenzten abgeschlossenen Bereiche regulär ist, so konvergieren die zu G_n und $f(z)$ gehörigen Lagrangeschen Interpolationspolynome innerhalb und auf der Kurve C gleichmäßig gegen $f(z)$.

Dieser Satz gilt auch allgemein für den Fall mehrerer voneinander getrennter Kurven und mehrerer analytischer Funktionen. [N 2624]

Budapest Dr. M. Fekete

[1] M. Fekete, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mechanik Bd. 6 (1926) S. 410.

Metallforschung in der Industrie[1]

Von Dr.-Ing. E. H. Schulz, Dortmund

Metallforschung als Forderung der heutigen Technik — Entwicklung, Arbeitsgebiete und Sonderstellung der Metallforschung in der Industrie — Beziehungen zwischen ihr und der reinen wissenschaftlichen Forschung — Aussichten

n der ersten allgemeinen Sitzung der Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte hat . Generaldirektor Dr. Vögler über die Beziehungen wischen Technik, Wirtschaft und Wissenschaft gerochen und dabei nachdrücklich auf die bedeutsame olle hingewiesen, die gerade in der neueren Entwickıng die Durchdringung der Technik mit Wissenschaft pielt. Technik ist heute angewandte Wissenschaft. Diese urchsetzung der Technik mit Wissenschaft ist für nsere deutschen Verhältnisse — auch darauf hat Vögler ingewiesen — von besonderer Bedeutung

Deutschland war immer ein Land, das an Rohstoffen, or allem an metallischen, von der Natur wenig gesegnet ar. Die Leistungsfähigkeit der deutschen Technik onnte und mußte sich daher in erster Linie in der ichtung entwickeln, daß sowohl die im Lande selbst geonnenen Metalle wie auch die aus reicheren Ländern ngeführten Rohstoffe (Erz, Rohmetalle) veredelt wuren. Gerade diese Arbeit der Veredelung von Metallen er, d. h. einmal ihre chemische Verarbeitung mit dem iele der Reinheit und zweckmäßigen Zusammensetzung, ım andern ihre physikalische Verarbeitung insbesondere urch Reck- und Wärmebehandlung sind Arbeiten in der echnik, die sich vielleicht am allerweitesten von den rüheren handwerksmäßigen Betrieben entfernt haben nd der wissenschaftlichen Leitung und Beaufsichtigung, ınn aber auch jederzeit der wissenschaftlichen Weiterntwicklung bedürfen. Wenn daher heute die deutschen üttenwerke und Metallverarbeitungs-Werkstätten techisch und wirtschaftlich mit Erfolg arbeiten wollen, so üssen sie wissenschaftlich geleitet werden, weil in geisser Weise ein rauher Zwang dahintersteht.

Von Anlässen, die im einzelnen noch besonders förernd auf die Metallforschung in der Industrie eingeirkt haben, seien hier nur zwei gestreift: der eine war er Krieg. Er brachte uns in Deutschland, wie jeder ch noch zum mindesten auf Grund persönlicher kleiner rfahrungen schmerzlich erinnern wird, einen außerrdentlichen Mangel an den Metallen, die wir im eigenen and in unzureichenden Mengen oder gar nicht als Erz nden, genannt sei nur das Kupfer. Hier setzte die soenannte Ersatzmetall-Wirtschaft ein, die das Endziel atte, die uns fehlenden Metalle möglichst durch die bein einzigen, die uns die deutsche Erde gibt, durch Eisen nd Zink zu ersetzen. Möglich war dies nur einigermaßen adurch, daß man versuchte, aus diesen beiden Metallen urch die Art der Verarbeitung alles herauszuholen, was erauszuholen war, also weitgehende Verarbeitungsudien trieb. Wenngleich die Ersatzmetall-Wirtschaft als olche heute überwunden ist, so hat sie in ihrer Richıng doch ein bleibendes Verdienst. Und einen zwein Anlaß bildeten und bilden noch heute die sich immer eigernden Ansprüche der verbrauchenden Industrie, urz gesagt, der Konstrukteure. Auch diesen Ansprüchen önnen wir nur einigermaßen durch die Weiterentwickıng der Verarbeitung gerecht werden.

Die Betriebsleiter, denen die Gewinnung und die erarbeitung der Metalle obliegt, müssen die Arbeitsvoränge fest in der Hand haben, sie möglichst restlos beerrschen. Das ist nur möglich, wenn sie an ihre Areit mit dem Rüstzeug herangehen, das die Wissenschaft ınen liefert, wenn die Technik von Wissenschaft durchrungen wird.

Was heißt nun die wissenschaftliche Durchdringung er Technik? In der Technik sind die technologischen igenschaften der Werkstoffe bedeutsam: die Festigkeit, Zähigkeit, Härte, Verarbeitbarkeit durch Recken, der Magnetismus des Eisens, der Widerstand gegen Korrosion usw. Diese Eigenschaften kennenzulernen, ist die erste Forderung. Schon hier ergeben sich gewisse Schwierigkeiten. Je weiter wir mit fortschreitender Erkenntnis in den inneren Aufbau unserer Werkstoffe eindringen, um so verwickelter stellen sie sich teilweise dar.

So ist z. B. die Streck- oder Fließgrenze als Vorschrift in Abnahmebedingungen und Liefervorschriften aufgenommen worden, und dabei zeigen neuere Forschungen, wie schwankend u. U. gerade die Streckgrenze in ihrer Feststellung beim Zerreißversuch doch ist, wie sie durch eine Reihe von Umständen beeinflußt wird, die wir zum Teil nicht sicher beherrschen, und wie zweifelhaft daher die Bestimmung im Abnahmelaboratorium werden kann[2]). Wir führen ferner unsre Festigkeitsuntersuchungen normalerweise bei gewöhnlicher Temperatur aus, wir wissen aber, daß steigende und fallende Temperatur die verschiedenen Festigkeitseigenschaften erheblich beeinflussen und daß dies insbesondere dann sich ausprägt, wenn die Beanspruchung in der Praxis eine lang andauernde ist. Wir haben aber noch nicht genügend Unterlagen, um hier genaue Zusammenhänge zwischen Prüfung und Verhalten im Gebrauch zu kennen.

Weiterhin sind die Eigenschaften der Werkstoffe selbst vielfach in weiten Grenzen beeinflußbar, hängen von verschiedenen Faktoren ab. Hier setzt die Hauptaufgabe der Metallforschung ein. Nach Körber[2]) ist es notwendig, die für die Praxis wichtigen technologischen Eigenschaften — die oft sehr vielgestaltig sind und sich gegenseitig beeinflussen — zurückzuführen auf grundlegende spezifische Werkstoffeigenschaften, deren gesetzmäßige Zusammenhänge mit dem innern Aufbau klarzustellen, um so die Mittel und Wege zu finden, die es gibt, um den Aufbau zu verändern und damit bestimmte Eigenschaften zu erzielen. Dies würde die Forderung erfüllen, die dahin gekennzeichnet ist, daß der Ingenieur seine Arbeitsverfahren fest in der Hand hat. Es ist nun darzulegen:

1. Wie entwickelte sich die Metallforschung in der Industrie?
2. Welches ist ihre Sondereinstellung, wo liegen ihre eigenartigen Schwierigkeiten?
3. Wie muß sie sich eingliedern in die allgemeine Metallforschung, in die Forschung überhaupt?

Naturgemäß wird sich ein Teil dieser Forschung in den Werkbetrieben selbst abwickeln müssen, insofern als der wissenschaftlich geschulte und unterrichtete Betriebsleiter sich nicht daran genügen lassen darf und wird, seinen Betrieb auf der Grundlage der vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu leiten, er muß vielmehr bemüht sein, den seinen Betrieb umfassenden Zweig der Technik auch fortzuentwickeln. Die Erfüllung dieser Aufgabe wird aber in vielen Fällen über die Möglichkeiten seines Arbeitsgebietes hinausgehen. Es bedarf einer Stelle, die in Gemeinschaft und in Wechselwirkung mit dem Betrieb einerseits, im engen Zusammenhang mit der allgemeinen Fortentwicklung unsrer wissenschaftlichen Erkenntnisse aus dem Gebiete der Metallforschung anderseits, sich im besonderen der Metallforschung in der Industrie annimmt, d. h. Stellen, denen in gewisser Weise ein Platz anzuweisen ist neben den Forschungsinstituten und Hochschullaboratorien. Dabei ist ihnen zunächst ein unterschiedliches Ziel gesetzt, weil sie ja nicht ganz voraussetzungslos arbeiten, anderseits liegt aber in letzter Linie doch das gleiche Endziel vor: die Fortentwicklung unsrer Kenntnisse von den Metallen.

[1]) Vorgetragen in der 89. Versammlung der Gesellschaft Deutscher aturforscher und Ärzte, Düsseldorf, 19. bis 26. September 1926. Die usführungen geben Hinweise auf die Werkstofftagung 1927 in erlin, vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1720.

[2]) Z. B. „Zwanglose Mitt. d. Deutschen Verbandes f. d. Materialprüfungen d. Technik" 1926 Nr. 8 S. 88.

Abb. 1. Verteilung der chemischen Einzelbestimmungen im Monat auf die Erzeugungsgruppen eines gemischten Hüttenwerkes; insgesamt rd. 24 000 Bestimmungen auf rd. 70 000 t Stahlerzeugung

Nachdem durch die ersten grundlegenden Untersuchungen die Zusammenhänge zwischen den technologischen, insbesondere den Festigkeitseigenschaften des Eisens und Stahles mit der chemischen Zusammensetzung (Gehalte an C, Mn, Si, P, S) festgelegt waren, war es eine ganz selbstverständliche Folgerung, daß die Hüttenwerke und auch die weiterverarbeitenden Fabriken sich Laboratorien schufen, in denen die Erzeugnisse oder der zu verarbeitende Werkstoff auf seine Zusammensetzung untersucht werden konnte. So wurde eine viel einwandfreiere Grundlage für die Beurteilung geschaffen, als zuvor in der Prüfung des Bruchaussehens und ähnlichen auf der Erfahrung beruhenden Prüfmöglichkeiten lag. Die Entwicklung der mechanischen Werkstoffprüfung, der Maschinen zur Prüfung der Festigkeitseigenschaften jeglicher Art ermöglichte gleichzeitig die genaue Feststellung eben dieser technologischen Eigenschaften, und so entstanden neben den chemischen Laboratorien die Festigkeitslaboratorien.

In diesen beiden Arten von Laboratorien konnte naturgemäß zunächst von Metallforschung kaum die Rede sein; es waren lediglich Überwachungsstellen, und sie bestehen in dieser Art auch heute noch. Ihre praktische Bedeutung für die Metallgewinnung und -verarbeitung steht außer Zweifel, ihre Tätigkeit möchte man aber als Massenuntersuchung nach festgelegten Verfahren bezeichnen. Abb. 1 zeigt z. B. die Zahl der chemischen Analysen, die in einem Hüttenwerk in den verschiedenen Arbeitstufen ausgeführt werden, wobei zugleich die zugehörigen Erzeugungsmengen an Eisen und Stahl angegeben werden. Zusammenfassend ist festzustellen, daß bei rd. 70 000 t Stahlerzeugung im Monat mindestens rd. 24 000 chemische Einzelbestimmungen auszuführen sind, wozu bemerkt sei, daß hier nicht etwa absichtlich das größte deutsche Hüttenwerk gewählt wurde. Aber auch die durch diese Untersuchungen angesammelten umfangreichen Unterlagen können für Erforschungszwecke ausgewertet werden. Die Großzahlforschung, auf deren Benutzung in der Technik in verdienstvoller Weise besonders Daeves[3]) hingewiesen hat, gibt dazu vielfach Mittel in die Hand.

Bereits zu einem verhältnismäßig frühen Zeitpunkt erkannte der Metallurge auch eine Eigenart seiner Legierungen — und unsere technischen Metalle sind ja sämtlich Legierungen, vollkommen reine Metalle werden praktisch nicht verarbeitet —, nämlich die beim Erstarrungsvorgang sich herausbildende Ungleichmäßigkeit, die man als Seigerung bezeichnet. Auch die Schädlichkeit der Seigerungen war bald erkannt, und damit mußte das Bestreben einsetzen, über ein Mittel zu ihrer Feststellung zu verfügen. In ganz groben Fällen gab auch hier die Ausbildung des Bruches einen Anhalt, ließ aber auch oft Täuschungen entstehen. Die verschieden starke Säurelöslichkeit der verschieden ausgebildeten Metallkonzentrationen gab bereits ein Mittel größerer Sicherheit in die Hand. Und dann kam ein großer Schritt durch die Einführung der Gefügeuntersuchung, d. h. durch Prüfung von Schliffflächen durch Anätzen. Einerseits waren dadurch jene Seigerungen und ähnliche Erscheinungen bereits mit bloßem Auge feststellbar, die makroskopische Untersuchung, anderseits gelang es aber auch, unter Zuhilfenahme des Mikroskopes in das Feingefüge der Legierungen einzudringen und damit neue Wege zur Ergründung der Ausbildung der technologischen Eigenschaften und ihrer Abhängigkeiten zu finden.

Die Gefügeuntersuchung ließ wohl erst in ausreichendem Maße eine neue Tätigkeit der Laboratorien entstehen: sie wurden in den Stand gesetzt, jetzt ihren Wirkungskreis über die Überwachungstätigkeit hinaus auszudehnen, es war ihnen jetzt möglich, bei einem Versagen des Werkstoffes nach irgendeiner Richtung auch den Grund in dem Falle festzustellen, wo die chemische Zusammensetzung die richtige war.

So stellt z. B. Abb. 2 den geätzten Längsschnitt durch eine Schraube dar, die in üblicher Weise aus einem zylindrischen Stababschnitt durch Anstauchen des Kopfes im kalten Zustande geformt wurde. Schwierigkeiten entstanden dadurch, daß die Köpfe dieser Schrauben vielfach bei geringster Beanspruchung abplatzten oder abrissen. Der Schliff läßt erkennen, daß der Schaft im Gegensatz zum Kopf außerordentlich grobkörnig, also spröde ist. Damit war der Grund für das Abplatzen gefunden, offen war die Frage, wie die Grobkörnigkeit entstanden war, die im Ausgangstoff nicht vorlag. Ein kleiner Fehler im Betrieb war der Grund, ein Fehler, den der Betriebsmann von sich aus kaum als solchen erkennen konnte. Der Gesenkteil, der beim Stauchen des Kopfes den Schaft aufnahm, hatte im Gegensatz zur sonst üblichen Arbeitsweise einen etwas größeren Durchmesser als die Stange, aus der die Schraube hergestellt wurde. Infolgedessen wurde auch der Schaftteil etwas gestaucht und zwar um etwa 8 vH. Die Schrauben werden nach der Stauchung aus Betriebsgründen geglüht. Ein um etwa 10 vH gereckter oder gestauchter weicher Stahl wird aber bereits bei einem kurzen Glühen sehr schnell grobkörnig im Gegensatz zum weniger oder stärker gestauchten. Hier liegt also ein kennzeichnendes Beispiel vor, wie eine kleine Abweichung im Betriebe Folgen nach sich zog, die außerordentlich nachteilig waren, und wobei der im Betrieb tätige Techniker wohl nie den Grund gefunden hätte, wenn nicht die Versuchsanstalt mit ihren Untersuchungsmitteln und ihren Kenntnissen eingesprungen wäre.

Den Zeitpunkt, wo zum erstenmal solche Untersuchungen ausgeführt wurden, kann man mit Recht als die Geburtstunde der wissenschaftlichen Metallforschung in der Industrie bezeichnen; denn von nun an bediente sie sich aller Mittel und aller Kenntnisse der Physik, Chemie und insbesondere der physikalischen Chemie, um in der Technik auch neue Wege zu gehen. Die Wirtschaftlichkeit drängte ihre Tätigkeit in dieser Richtung wieder vorwärts: Es genügte dem Werk nicht, zu wissen, daß ein Werkstoff hinsichtlich der Zähigkeit wegen zu grober Struktur versagt hatte, es genügte auch nicht die Feststellung, in welchem Augenblick des Herstellungs- oder Verarbeitungsverfahrens die schädliche Grobkörnigkeit entstanden war — für das Werk war es viel wichtiger, Mittel und Wege zu erfahren, durch die jene Grobkörnigkeit vermieden werden kann.

Abb. 2
Gefügebild einer gebrochenen Schraube mit grobkristallinem Schaft

[3]) Fachausschußberichte des V. d. Eisenhüttenleute, Werkstoffausschuß, Bericht Nr 43, s. a. Z. Bd. 67 (1923) S. 643, u. Bd. 69 (1925) S. 1542.

Von hier aus ist dann nur noch ein kleiner Schritt zur Tätigkeit in der Richtung unmittelbarer Forschung. Hierbei wird naturgemäß die Tätigkeit der Institute in der Technik einmal von den allgemeinen wissenschaftlichen Erkenntnissen, zum andern aber von den Bedingungen und Gebundenheiten ausgehen, die in der Technik vorliegen. Es ist durchaus nicht so, daß eine Erkenntnis der voraussetzungslosen forschenden Wissenschaft ohne weiteres eine technische Auswertung zuläßt. Die grundsätzliche Tatsache z. B. der weitgehenden Behebung der Korrosions- und Rostneigung des Stahles durch ein Legieren mit Chrom und Nickel war lange durchgearbeitet und bekannt. Um aber einen rostsicheren Stahl für technische Verwendungswecke zu erhalten, genügte das nicht: die Technik verlangt von einem rostsicheren Stahl, der zu Werkzeugen und Instrumenten verarbeitet werden soll, nicht nur die Beständigkeit gegen Korrosion; der Werkstoff soll auch durch Schmieden, Walzen usw. verarbeitbar sein, er soll eine gewisse Härte und Zähigkeit bei der Verwendung zu Schneidgeräten aufweisen, Schneidkraft und Schneidhaltigkeit haben usw. Hierdurch werden neue Probleme aufgestellt, die eine Fortentwicklung jener ersten Kenntnisse verlangen und herbeiführen. Dabei darf diese Aufgabe nicht unterschätzt werden; das Ineinandergreifen der verschiedenen Forderungen ergibt Schwierigkeiten, die zu mindern oder zu überwinden zweifellos keine einfache wissenschaftliche Aufgabe darstellt. Es kann gesagt werden, daß durch diese Arbeiten, die zum großen Teil leider nicht über die Kreise der Nächstbeteiligten hinaus bekannt werden, auch die Metallforschung in der Industrie, die auf die Technik eingestellte Metallforschung, ihr Scherflein zur allgemeinen Forschung beiträgt; anderseits wäre es zu begrüßen, wenn die Kenntnis dieser Arbeiten auch in weitere Kreise dringen würde, um hier vielleicht auch anregend zu wirken.

Auch für die Herstellverfahren der Metalle gelten diese Ausführungen. Es ist zweifellos eine leichtere Aufgabe, laboratoriumsmäßig die Grundreaktion von zwei oder drei Komponenten unter verschiedensten Bedingungen zu erforschen, als sich beispielsweise wissenschaftlich mit dem Hochofenbetriebe zu beschäftigen, bei dem gewiß derartige Grundreaktionen die Hauptrolle spielen, die aber dort von einer Unzahl von Nebeneinflüssen begleitet werden, die alle ihre Berücksichtigung verlangen. Und doch muß der Praktiker am Hochofen, der gewißlich seinen Betrieb ausgezeichnet leitet und technisch und wirtschaftlich gut arbeitet, darauf dringen, daß alle diese verwickelten Reaktionen wissenschaftlich entwirrt und klargestellt werden.

Es kann vom Standpunkt des Metallforschers in der Industrie nur begrüßt werden, wenn ein Wissenschaftler wie Schenck daran geht, auf rein wissenschaftlicher Grundlage die Elemente Eisen, Kohlenstoff und Sauerstoff in ihren Wechselwirkungen zu untersuchen, in den Wechselwirkungen, die in unsren Eisen- und Stahlherstellverfahren eine ungeheure Rolle spielen[4]). Auch hier wird der Industrieforscher mancherlei Vorarbeit leisten, er wird aber im allgemeinen immer geneigt und insbesondere auch gezwungen sein, sich auf einen kleinen Ausschnitt des Gebietes einzustellen, der für die praktischen Verhältnisse wichtig ist, und er wird insbesondere gezwungen sein, bei diesen Untersuchungen von vornherein mit all den Nebenumständen und besonderen Faktoren zu arbeiten, die in der betriebsmäßigen Eisenherstellung und -verarbeitung unvermeidbar sind. Hier eine Arbeitsgemeinschaft herbeizuführen und zu vertiefen, müßte wiederum das Bestreben aller Beteiligten sein.

Wenn hier nur ganz kurz noch auf einige Beispiele hingewiesen wird, so sei ausdrücklich betont, daß diese willkürlich aus einer sehr großen Anzahl herausgegriffen sind. Große Forschungen sind noch über die Art und den Einfluß der in technisch gewonnenen Metallen und Legierungen immer vorhandenen nichtmetallischen Einschlüsse und über die Ungleichmäßigkeiten der Zusammensetzung durchzuführen, die insbesondere bei der Herstellung großer und größerer Stücke eintreten; werden doch heute im Stahlwerk Stücke bis zu einem Gewicht von 100 t und noch darüber gegossen. Eine Aufgabe, die weiterhin technisch von außerordentlicher Bedeutung, wissenschaftlich aber noch sehr wenig durchgearbeitet ist, ist der Verschleiß bei Reibung zweier Metalle aufeinander.

Gewiß ist es manchmal möglich, mit verhältnismäßig einfachen technischen Mitteln einer Schwierigkeit Herr zu werden, wenn man den Grund erkannt hat; allerdings ist dann häufig noch eine offene Frage, ob die Maßnahme wirtschaftlich durchführbar ist. Bei der Prüfung von Seildraht kommt es z. B. vor, daß bei der Verwindeprüfung die zu prüfenden Proben in ungünstiger Weise und schon bei zu geringer Beanspruchung splitternd reißen. Die Ursache dieses fehlerhaften Verhaltens ist zwar vielfach sehr einfach: es liegen sehr fein ausgezogene Schlackeneinschlüsse und Randseigerungszeilen an der Oberfläche des Drahtes, die zu den Längsrissen führen. Ein Abdrehen der zur Drahtherstellung verwendeten Blöcke auf der Drehbank wird solche Fehler infolge der Entfernung der Randblasenseigerungen zweifellos vermindern, naturgemäß aber verursacht diese Vorbehandlung wieder nicht außer acht zu lassende besondere Kosten, von denen es fraglich ist, ob sie stets aufgewendet werden können. Anderseits wäre dieser Schwierigkeit auch vielleicht dadurch beizukommen, daß noch viel weiter die Zusammenhänge erforscht werden, die bei der Erstarrung eben zu diesen Randblasenseigerungen führen. Gerade dies wäre ein Beispiel dafür, wo allgemeine Forschung und Forschung in der Industrie durch Hand-in-Hand-Arbeiten vieles erreichen könnte.

Wir kennen durch die neuere Forschung grundsätzlich hinreichend die Vorgänge bei der Kristallisation in ihrer Abhängigkeit von der Kernbildung bzw. Kernzahl und von der Kristallisationsgeschwindigkeit, Ergebnisse, die wir der reinen Forschung der physikalischen Chemie verdanken. Wir kennen auf der andern Seite — teilweise ebenfalls durch die reine Forschung —, in sehr großem Umfang aber durch die Feststellungen der Technik die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften, insbesondere der als Festigkeitseigenschaften bezeichneten, eben von dem Kristallisationsaufbau. Das Ziel, das hier die Industrie, die Technik stellt, wäre nun, Mittel und Wege zu finden, um die Kristallisation (Kernzahl und Kristallisationsgeschwindigkeit) nach Möglichkeit willkürlich zu beeinflussen, um auf diesem Wege bereits in gegossenem Metall Bestwerte für die technische Verwendung zu erzielen. Ansätze hierzu haben wir bereits gerade in der Stahlindustrie durch einige neuere Forschungen, die weiter zu entwickeln Aufgabe sein müßte sowohl der Metallforschung in der Industrie wie aber auch der Forschertätigkeit derjenigen Kreise, die als reine Wissenschaftler an diese Aufgaben herangehen. Es wäre zu wünschen und zu erstreben, daß Zusammenhänge wie diese — und deren gibt es noch eine ganze Anzahl — auch dazu führten, daß sich immer mehr Brücken zwischen dem reinen Wissenschaftler in der Metallforschung und dem wissenschaftlichen Arbeiter in der Industrie bilden. Es darf wohl ausgesprochen werden, daß auch dem reinen Wissenschaftler hier Arbeitsfelder erschlossen werden können, die ihm trotz seiner gewiß etwas abweichenden Einstellung doch vollste Befriedigung gewähren.

Nicht selten treten in der Metallforschung der Industrie Fälle auf, bei denen sich der Mann der Technik mit den praktisch ermittelten Ergebnissen zufrieden geben darf, unter Umständen sogar zufrieden geben muß, ohne die inneren Zusammenhänge, die Gründe für die Erscheinungen zu kennen. Auch hier wäre ein Hand-in-Hand-Arbeiten mit den reinen Wissenschaftlern überaus zu begrüßen. Hierfür wieder ein Beispiel. Nach amerikanischen Feststellungen erhöht ein geringer Kupferzusatz im Betrage von etwa 0,25 vH zum weichen Flußstahl den Widerstand gegen Anfressungen erheblich. Feststellungen, die gerade in letzter Zeit durch ausgedehnte Versuche auf Anregung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute durchaus bestätigt gefunden wurden[5]). Durch die reine prak-

[4]) „Stahl und Eisen“ Bd. 46 (1926) S. 665 Z. Bd. 70 (1926) S. 1592.

[5] „Stahl und Eisen“ Bd. 46 (1926) S. 1857.

tische Feststellung der günstigsten Bemessung des Kupfergehaltes und der sonstigen Behandlung des Stoffes hat in gewisser Weise der Industrieforscher seine Aufgabe für sein Werk erfüllt. Wenn er darüber hinaus nun versucht, auch den inneren Grund für diesen Schutz gegen Korrosion festzustellen, der doch nicht bekannt ist und auch nicht leicht auffindbar sein dürfte, so wird ihm dies als Forscher nahe liegen; er wird jedoch unter Umständen bei der Fülle der von ihm zu bewältigenden Aufgaben nicht die Zeit aufwenden können, um diese vielleicht sehr langwierige Arbeit durchzuführen. Es dürfte anderseits für die reine Forschung eine reizvolle Aufgabe sein, dieser absonderlichen Wirkung eines geringen Kupfergehaltes nachzugehen, um sie aufzuklären.

Ein großes Arbeitsgebiet, auf dem ebenfalls die gemeinsame Tätigkeit bedeutsam wäre, ist, um es nur zu erwähnen, das Gebiet der magnetischen und elektrischen Eigenschaften unsrer Metalle. Auch hier wird der Industrieforscher gezwungen sein, zunächst rein praktisch festzustellen, auf welche Weise, mit welchem Werkstoff und mit welcher Behandlung er Bestwerte der magnetischen Eigenschaften erreicht. Er wird dabei gewißlich auch wieder bestrebt sein, durch die von ihm durchführbaren Gefüge- und andre Untersuchungen allgemeine Gesetzmäßigkeiten zu finden und damit allgemeine Forschung zu treiben; je mehr er dabei auf entsprechende Arbeiten der andern Seite stößt, desto leichter wird es sein, die Brück zwischen beiden Arten der Arbeit zu finden.

Der Industrieforscher ist, wenn anders er seine St lung richtig ausfüllen will, gezwungen, die Forschung a seinem Gebiet sorgfältig und eingehend zu verfolgen. ist wohl denkbar, daß unsre Physiker und physikalisch Chemiker, die nicht im unmittelbaren Dienst der Indust stehen, erstens die Ergebnisse der Arbeiten der In strieforscher nur wenig kennenlernen, zum ande aber insbesondere die Voraussetzungen, unter den dieser arbeitet, nicht kennen. Hier wäre eine innigere Fi lung ohne Zweifel von großer Bedeutung.

Geheimrat Duisberg, einer unsrer Führer a einem andern Gebiete deutscher Technik, hat in ei Sitzung der Sozialisierungskommission des Reichswi schaftsrates den Ausspruch getan: „Es läßt sich in Industrie unendlich viel erreichen, wenn man die Techn auf eine höhere wissenschaftliche Basis stellt,“ d. h. d nicht nur eine wissenschaftliche Leitung und Beaufsic gung, sondern auch eine wissenschaftliche Fortbildung der Industrie selbst betrieben wird. Hinzuzufügen w noch, daß die Metallforschung in der Industrie in leb diger Verbindung mit der allgemeinen Forschung ste Von dieser Notwendigkeit sind wir, die wir in der dustrieforschung arbeiten, überzeugt, und die Notwend keit für das Allgemeinwohl dürfte unbestritten sein.
[B 7]

Versuche an Kapsel- und Zahnradpumpen

Auf Veranlassung von Prof. Dr.-Ing. Baer wurden im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Breslau die Kennlinien von Schmierölpumpen bei verschiedenen Betriebsverhältnissen ermittelt, und zwar von einer Kapselpumpe für Hispano-Suiza-Flugmotoren und von zwei Zahnradpumpen für Kraftwagenmotoren oder Werkzeugmaschinen. Besonderer Wert wurde darauf gelegt, die volumetrischen Wirkungsgrade und die Wirkungsgrade der Pumpenleistung (Verhältnis der nutzbaren Förderleistung zum Kraftbedarf der Pumpe) zu bestimmen. Beide Wirkungsgrade werden hauptsächlich von der Zähflüssigkeit des geförderten Öles und von der Undichtheit der Pumpen (Abnutzung) beeinflußt.

Die gebräuchlichen Schmieröl-Kapselpumpen sind Drehkolbenpumpen mit zwei Kammern, die in einer Umdrehung theoretisch das Doppelte des größten Inhalts einer Kammer fördern. Die größte Fördermenge wird erreicht, wenn Ansaug- und Druckstutzen unter 180 ° gegeneinander versetzt werden und ihre gemeinsame Mittellinie senkrecht zur Exzentrizität des Drehkolbens steht. Die theoretische Fördermenge einer Zahnradpumpe bei einer Umdrehung beträgt das Doppelte der Ölmenge, die aus den Zahnlücken eines Rades durch die Zähne des Gegenrades verdrängt wird. Um diese Fördermenge zu berechnen, muß man also den Inhalt der Zahnlücken und der Zähne bestimmen und auch das Spiel zwischen Zahnkopf des einen und Fußkreis des andern Rades berücksichtigen.

Die Versuche ergaben u. a. die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Ergebnisse.

Von den Zahnradpumpen wurde die eine bei Zähflüssigkeiten des Öles von 32 bis 1,8 ° Engler, Gegendrücken von 0 bis 3 at und Drehzahlen von 250 bis 2500 Uml./min untersucht. Die theoretische Fördermenge dieser Pumpe betrug 3,08 cm³ bei einer Umdrehung.

Bei jeder Öltemperatur und Drehzahl wurde der Gegendruck gesteigert, bis die Förderung aufhörte. Bei 1500 Uml./min betrug dieser Gegendruck 3,5 at für 32 ° und 0,5 at für 1,8 ° Engler Zähflüssigkeit.

Die zweite Zahnradpumpe für Gegendrücke bis zu 10 at und 250 bis 1000 Uml./min hatte 14,2 cm³ theoretische Fördermenge für eine Umdrehung. Diese Pumpe förderte noch, wenn die Drehzahl hoch genug war, bei 12 at Gegendruck.

Die Hispano-Suiza-Kapselpumpe förderte theoretisch bei einer Umdrehung 9,9 cm³. Sie konnte bei Drehzahlen über 1000 Uml./min und beliebigen Öltemperaturen bis zu 20 at Gegendruck überwinden.

Zahlentafel 1. Versuche an Schmierölpump

Zahnradpumpe 1500 Uml./min, Öl von 6,8° Engler (50°

Gegendruck . . . . . at	0,0	0,5	1,0	
Volumetr. Wirkungsgrad vH	80,0	48,0	26,0	
Wirkungsgrad der Pumpenleistung . . . vH	—	2,2	2,5	

Zahnradpumpe 500 Uml./min, Öl von 6,8° Engler (50° C

Gegendruck . . . . . at	0,0	1,0	2,0	4,0
Volumetr. Wirkungsgrad vH	88,0	87,4	80,0	60,6
Wirkungsgrad der Pumpenleistung . . . vH	—	29,4	36,0	37,6

Kapselpumpe 1000 Uml./min, Öl von 6,8° Engler (50°

Gegendruck . . . . . at	0,0	1,0	2,0	4,0	7
Volumetr. Wirkungsgrad vH	90,0	79,2	74,1	65,6	5
Wirkungsgrad der Pumpenleistung . . . vH	—	18,95	29,5	36,0	2

Die Versuchsergebnisse lehren ferner, daß bei Zahnradpumpen die volumetrischen Wirkungsgrade mit Drehzahl zunehmen, während sie bei der Kapselpumpe 1500 bis 2000 Uml./min einen Höchstwert erreichen. erklärt sich aus der Trägheit des Öles, das den schnel Förderstößen der Kapselpumpe nicht mehr folgen ka während der gleichförmigere Ölstrom bei Zahnradpum noch nachkommt. Mit abnehmender Ölzähigkeit nimmt volumetrische Wirkungsgrad der Zahnradpumpen ab. gleiche Einfluß zeigt sich bei der Kapselpumpe für Dr zahlen unter 1000 Uml./min, während bei höheren Dr zahlen ein Höchstwert des Wirkungsgrades bei 3 ° Eng erreicht wird. Die Erwärmung des Öles in der Pu macht sich nur bei hohem Gegendruck und hoher Zähflüs keit bemerkbar.

Eine ausführliche Veröffentlichung über die vorsteh den Versuche wird in der Zeitschrift „Der Motorwag Mitte Februar erscheinen. [N 2735]

Breslau Dipl.-Ing. Fritz Aschner
Dipl.-Ing. Ludwig Mattheu

Wirkungsgrad und Leistungssteigerung von Gegendruckmaschinen

Von Dipl.-Ing. E. Praetorius, Berlin

Thermische Eigenschaften der Gegendruckmaschine — Leistungssteigerung durch Erhöhung von Anfangsdruck und Anfangstemperatur, durch Senkung des Gegendruckes und durch Anwendung hoher Verdampftemperaturen — Diphenyloxyd als neuer Wärmeträger — Kupplung von Kraft- und Wärmewirtschaft

Der Gesamtwirkungsgrad einer Auspuff- oder Kondensations-Dampfmaschine gibt an, welcher Teil der Brennstoffwärme in Kraft umgesetzt wird. Er ist :so das Verhältnis der für 1 kWh aufgewandten Wärme :. ihrem Wärmeäquivalent von 860 kcal und ergibt sich ırch Vervielfachung aller Wirkungsgrade vom Kessel s zur Maschine miteinander.

Schwieriger und umständlicher ist die Ermittlung des esamtwirkungsgrades von Anzapf- und Gegendruckmaschi- :n; denn während bei Kondensationsmaschinen die Wärme :s Brennstoffes nur dazu dient, Kraft zu erzeugen, sind ·i Anzapf- und Gegendruckmaschinen Kraft- und Wärme- irtschaft miteinander gekuppelt. Da man die zu Koch- ıd Heizzwecken erforderliche Wärme meist nicht von ıswärts beziehen kann, sondern in den Fabriken erzeugen uß, Kraft aber jederzeit und in beliebiger Menge von berlandwerken geliefert wird, so ist es durchaus berech- :t, wenn man bei der Gegendruckmaschine meist die eizwärme als das Wichtigere, die Kraft dagegen als das :eniger Wichtige ansieht; im Gegensatz zum reinen Kraft- trieb spricht man daher hier meist nicht von Abdampf- :rwertung hinter der Maschine, sondern umgekehrt von rzeugung von Überschußkraft durch eine Maschine, die ır die Heizanlage geschaltet ist.

Wenn man aber Heizdampf in jedem Fall erzeugen uß, so scheint es berechtigt, der Gegendruckmaschine nur :n Mehraufwand an Wärme gegenüber einer beson- :ren Heizanlage in Rechnung zu setzen. Heizt man also B. mit Sattdampf von 5 at abs, dessen Wärmeinhalt i6,5 kcal/kg beträgt, so kann man der Heizanlage eine ampfmaschine mit 400° Anfangstemperatur und 65 at abs nfangsdruck vorschalten, die bei 75 vH Gütegrad gerade ockenen Dampf von 5 at abs abgibt. Da der Wärmeinhalt :s Dampfes vor der Maschine 787,5 kcal/kg beträgt, so :rbraucht man für die Krafterzeugung nur 758,5 — 656,5 =)2 kcal/kg, die theoretisch restlos umgesetzt werden. er Gütegrad der Maschine hat hier auf den Ge- ımtwirkungsgrad keinen Einfluß, denn er vergrößert ur die Entropie. Dies bewirkt bei der Konden- ıtionsmaschine allerdings einen erhöhten Wärme- :rlust im Kondensator und damit eine Verringerung des esamtwirkungsgrades. Bei der Gegendruckmaschine da- :gen ist zwar der Wärmeinhalt des aus der Maschine ıstretenden Dampfes ebenfalls um so höher, je geringer :r Gütegrad ist; oder, bei gleichem Wärmeinhalt hinter :r Maschine, müssen Anfangsdruck und Anfangstempera- ır höher sein, aber die Wärme des Abdampfes kommt ınz der Heizanlage zugute[1]), ist also nicht als Verlust zu ıchen. Eine Maschine, deren Gütegrad z. B. nur 70 vH :trägt, müßte zwar für die gleiche Leistung und den leichen Gegendruck von 5 at abs und 656,5 kcal/kg mit 12° Anfangstemperatur und 85 at abs Anfangsdruck rbeiten, gegenüber 400° und 65 at abs bei 75 vH Güte- rad; der Wärmeinhalt des Frischdampfes betrüge aber uch in diesem Falle 758,5 kcal/kg[1a]).

Da der Gütegrad keinen Einfluß auf den Gesamtwir- ungsgrad hat, so ergibt sich daraus die außerordentlich ·ichtige Tatsache, daß auch praktisch alle Gegen- ruckmaschinen 100 vH der Wärme, die sie dem ampf entzogen haben, in Arbeit verwandeln, gleich- ültig, ob Anfangsdruck, Anfangstemperatur, Gegendruck nd Gütegrad hoch oder niedrig sind. Bei gleichen Kessel- ·irkungsgraden, gleichen Verlusten in den Rohrleitungen und gleichen mechanischen Wirkungsgraden sind also die Gesamtwirkungsgrade aller Gegendruckmaschinen gleich, auch bei ganz verschiedenen Anfangs- und Gegendrücken, Temperaturen und Gütegraden[2]). Darin besteht der große Unterschied gegenüber der reinen Kondensationsmaschine, bei der Anfangsdruck, Anfangstemperatur, Kondensatordruck und Gütegrad den Gesamtwirkungsgrad und die Brennstoffkosten für 1 kWh wesentlich beeinflussen.

Wenn in den letzten Jahren immer wieder darauf hingewiesen wurde, daß die Einführung hoher Drücke und Temperaturen gerade für die Gegendruckmaschine von besonderem Vorteil sei, so ist das nur scheinbar ein Widerspruch. Bei Erhöhung des Anfangsdruckes ändert sich zwar nicht der Wirkungsgrad, wohl aber die Leistungsfähigkeit der Gegendruckmaschine, und zwar in weit höherem Maß als bei der Kondensationsmaschine. Bei dieser wird nur der thermische Wirkungsgrad erhöht; denn die Leistungsfähigkeit kann man auch auf andre Weise steigern, z. B. dadurch, daß man mehr Dampf in der Zeiteinheit verarbeitet. Bei der Gegendruckmaschine dagegen ist die Dampfmenge durch den Dampfverbrauch in der Heizanlage gegeben, so daß man höhere Leistung nur durch Vergrößern des Wärmegefälles und ähnliche Maßnahmen erreichen kann.

Für Fabriken, die Kraft bei sehr hohem Wärmebedarf brauchen, spielt die Mehrleistung keine Rolle, bringt daher auch der Hochdruckbetrieb keinen Vorteil. In vielen Fällen aber, namentlich bei verhältnismäßig hohem Kraftbedarf und hohen Heizdampfdrücken, hat die Einführung des Hochdruck-Dampfbetriebes überhaupt erst die Möglich-

[2]) Dabei ist allerdings vorausgesetzt, daß der Dampf hinter der Maschine ebenso vollständig im Betrieb ausgenutzt werden kann wie der bei getrenntem Heiz- und Kraftbetrieb für den Wärmebedarf des Werkes erzeugte Frischdampf. Das wird aber meist wegen der unvermeidlichen Belastungsschwankungen nicht möglich sein, so daß ein Teil der Wärme hinter der Maschine unter Umständen nicht verwertet werden kann. Mit diesem Teil ist naturgemäß die Kraftanlage zu belasten, deren Gesamtwirkungsgrad sich dementsprechend verschlechtert. Zweifellos ist die Empfindlichkeit gegen Belastungsschwankungen ein großer Nachteil des Gegendruckverfahrens, der allerdings z. T. durch besondere Wärmespeicher aufgehoben werden kann; im Gegensatz dazu hat die Kondensationsanlage in ihren Kesseln ein gewisses Speichervermögen und kann kleinere Belastungsschwankungen ohne Verlust aufnehmen.

Abb. 1. Wärmegefälle in Abhängigkeit vom Anfangsdruck für verschiedene Gegendrücke

a, b, c, d 450 °C e 350 °C Anfangstemperatur
a_1, b_1, d_1 Anfangszustand des Dampfes gesättigt
Druck hinter der Maschine: a, a_1 0,05 at abs b, b_1 2 at abs
c 5 at abs d, d_1 10 at abs

[1]) Mit Ausnahme der Verluste durch Strahlung und Leitung in der aschine.

[1a]) Da der Anfangsdruck bei geringem Gütegrad höher ist als ·i hohem Gütegrad, so werden die Anlagekosten im ersten Falle höher ·in, zumal da beide Maschinen für das gleiche Dampf-Endvolumen ·baut sind, also gleiche Größe haben müssen. Schon aus diesem rund ist auch bei Gegendruckmaschinen ein hoher Gütegrad sehr ·instig.

keit geschaffen, mit Gegendruckmaschinen zu arbeiten und dadurch die Brennstoffkosten für die Krafterzeugung erheblich zu vermindern. Besondre Bedeutung gewinnt aber die Möglichkeit, die Leistung zu steigern, für die Wärmekraftwerke, von denen in letzter Zeit viel die Rede ist. Durch Zusammenschluß mehrerer wärmeverbrauchenden Fabriken mit einem Elektrizitätswerk sollen hierbei die Schwankungen im Wärmeverbrauch ausgeglichen und billige Überschußenergie, die in den Gegendruckmaschinen der einzelnen Werke erzeugt wird, in das Überlandnetz abgegeben werden[3]).

Druck- und Temperaturerhöhung des Frischdampfes, Verbesserung des Gütegrades und Senkung des Gegendruckes

Wie sehr die Leistung einer Gegendruckmaschine hinter der Leistung einer Kondensationsmaschine bei gleichem Dampfverbrauch zurückbleibt, zeigt Abb. 1. Eine Maschine von 100 at abs Anfangsdruck, 450 ° Anfangstemperatur und 2 at abs Gegendruck leistet hiernach weit weniger als eine Kondensationsmaschine von 10 at abs Anfangsdruck und 450 ° Anfangstemperatur. Bei höherem Gegendruck wird das Verhältnis der Leistungen noch viel ungünstiger.

Anderseits erkennt man aber auch, daß die Leistung mit dem Anfangsdruck bei Gegendruckmaschinen viel schneller zunimmt als bei Kondensationsmaschinen. Das Wärmegefälle erhöht sich bei der Kondensationsmaschine, Linie *a*, zwischen 20 und 60 at von 272 auf 302 kcal/kg, also um 30 kcal/kg oder 11 vH, bei der 2 at abs-Gegendruckmaschine, Linie *b*, von 140 auf 183 kcal/kg, also um 43 kcal/kg oder 30,7 vH und bei der 5 at abs-Gegendruckmaschine, Linie *c*, sogar um 52 kcal/kg oder 56,7 vH.

Daraus geht die große Bedeutung der Druckerhöhung für die Gegendruckmaschine deutlich hervor. Ebenso großen Einfluß hat die Temperaturerhöhung des Frischdampfes auf die Leistung, wie ein Vergleich der Linien a_1, b_1 und d_1 für gesättigten Anfangszustand mit den Linien *a*, *b* und *d* für 450 ° Anfangstemperatur erkennen läßt. Bei 10 at abs Anfangsdruck und 2 at abs Gegendruck bringt z. B. die Erhöhung der Temperatur von 180 auf 450 ° den gleichen Zuwachs an Leistung wie eine Erhöhung des Anfangsdruckes von 10 auf 26 at abs. Dazu kommt noch die Verbesserung des Gütegrades, die für je 20 ° Temperaturzunahme rd. 1 vH beträgt[4]); im vorliegenden Falle würde sich die Leistung dadurch noch um 13,5 vH erhöhen, da die Leistung verhältnisgleich mit dem Gütegrad zunimmt.

Allerdings muß Heißdampf oft eine ganz bestimmte Temperatur haben und darf weder feucht noch stark überhitzt sein; von Druck, Temperatur und Zustand des Gegendruckdampfes hängt aber bei bestimmtem Anfangsdruck die Anfangstemperatur des Dampfes ab, so daß man beim Entwurf einer Gegendruckmaschine bei gegebener Temperatur nur über den Anfangsdruck, oder bei gegebenem Anfangsdruck nur über die Temperatur verfügen kann, wenn man es nicht vorzieht, den Endzustand durch Zwischenüberhitzung zu regeln.

Abb. 1 läßt aber erkennen, daß die Erhöhung der Temperaturen vielfach zweckmäßiger und wirtschaftlicher ist als die des Druckes, namentlich bei hohen Drücken; erhöht man z. B. die Anfangstemperatur einer Gege druckmaschine mit 50 at abs Anfangsdruck von 350 ° a 450 °, so hat das die gleiche Wirkung wie eine Erhöhu des Anfangsdrucks von 50 at abs auf 85 at abs, Linien und *e* in Abb. 1. Die Kosten der Erhöhung der Temper tur sind zumeist sehr gering, da man nur den Überhitz zu ändern oder auszuwechseln braucht; dagegen läßt si bei einer wesentlichen Druckerhöhung die Anschaffu einer ganz neuen Kesselanlage, die außerdem weit teur als eine Kesselanlage mit niedrigerem Druck ist, mei nicht umgehen[5]).

Zahlentafel 1

Druckgefälle der verlustlosen Maschine für verschiedene Gegendrücke. Der Dam verläßt die Maschine als Sattdampf.

Wärmegefälle	Anfangstemperatur	Anfangsdruck	Gegendruck	Steigerung des Anfangsdruckes	Steigerung des Gegendruckes	Druckgefäll
kcal/kg	°C	at abs	at abs	at	at	at
140	402	13	1	—	—	12
140	422	23	2	10	1	21
140	439	33	3	20	2	30
140	450	43	4	30	3	39
140	460	53	5	40	4	48

Den größten Einfluß auf die Erhöhung der Leistu hat die Senkung des Gegendruckes. Zahle tafel 1 zeigt z. B. für ein Wärmegefälle von 140 kcal/k und für gesättigten Dampfzustand hinter der Maschine d Anfangsdrücke für verschiedene Gegendrücke. Dana bedingt die Erhöhung des Gegendruckes um 1 at eine Ste gerung des Anfangsdruckes um 10 at. Bei geringere Wärmegefälle ist der Einfluß nicht mehr so stark, Abb. 2. Trotzdem ermöglicht selbst bei kleinem Wärm gefälle noch jede Senkung des Gegendrucks um 1 at, b gleicher Leistung den Anfangsdruck um mehrere Atm sphären zu senken, oder bei gleichem Anfangsdruck d Leistung wesentlich zu erhöhen. Eine Maschine mit 35 abs Anfangsdruck, 450 ° Anfangstemperatur und 5 at a Gegendruck hat nach Abb. 1 ein theoretisches Wärmeg fälle von 120 kcal/kg; durch Senkung des Gegendruck auf 2 at abs wird das Wärmegefälle auf 160 kcal/kg u damit die Leistung um $\frac{160-120}{120} \cdot 100 = 33$ vH erhöh wollte man die gleiche Steigerung durch höheren Anfang druck erreichen, so müßte man von 35 auf 100 at gehe s. Linie *c*, Abb. 1. Alle Fabriken, die mit Gegendruc maschinen arbeiten, müssen daher in erster Linie trac ten, mit möglichst geringen Heizdamp drücken auszukommen.

Vorwärmung des Speisewassers durch Gegendruck- un Anzapfdampf — Zwischenüberhitzung

Der aus der Maschine austretende Dampf dient zu Heizen, zum Kochen, Wasserwärmen usw., je nach d Art des wärmeverbrauchenden Betriebes. Er gibt als Wärme ab und kondensiert. Auch das heiße Konde sat kann man in den meisten Betrieben verwenden, z. für Wasch- und Badezwecke, so daß nur ein kleine

[3]) Vergl. Praetorius, Kupplung von Kraft- und Wärmewirtschaft, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 7 (1926) S. 284.

[4]) Vergl. Josse, Eigenschaften und Verwertung von Hoch- und Höchstdruckdampf, Z. Bd. 68 (1924) S. 65 ff.

[5]) Auch für die Maschinenanlage ist die Umstellung auf höhe Temperaturen meist erheblich einfacher und billiger als eine Umstellu auf höhere Drücke, da im ersten Fall oft gar keine Aenderung od nur eine Auswechslung des Hochdruckzylinders nötig ist. Die Roh leitungen und Armaturen sind meist ohne weiteres auch für höhe Temperaturen zu verwenden. Dagegen sind für eine Hochdruckanla ganz erhebliche und kostspielige Aenderungen unvermeidlich. B Neuanlagen spielen diese Gründe natürlich keine Rolle.

Abb. 2. Zunahme des Frischdampfdruckes bei Erhöhung des Gegendruckes um 1 at in Abhängigkeit vom Wärmegefälle. Der Dampf verläßt die Maschine als Sattdampf.

Abb. 3. Mehrleistung durch Vorwärmen des Speisewassers mit Gegendruckdampf bis zur Temperatur des Gegendruckdampfes

Anfangstemperatur des Speisewassers:
a 10 °C *b* 50 °C *c* 100 °C

Abb. 4. Mehrleistung in Abhängigkeit von der Zahl der Entnahmestellen; bei unendlich vielen Entnahmestellen 100 vH

Abb. 5. Mehrleistung bei Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf in Abhängigkeit vom Gütegrad; bei 100 vH Gütegrad 100 vH

'eil dieses Wassers, stark abgekühlt, zum Speisen übrig leibt. Oft wird dieser Dampf auch verunreinigt, z. B. eim Vulkanisieren von Gummi in Dampffässern, so daß as Kondensat nicht als Speisewasser dienen kann.

Im Gegensatz zu den Maschinen mit Oberflächenkonensation speist man also bei Gegendruckmaschinen zueist mit kaltem Frischwasser. Es liegt nahe, dieses peisewasser durch einen Teil des Gegendruckdampfes bis uf dessen Temperatur vorzuwärmen. Dadurch wird zwar er Wirkungsgrad der Gegendruckmaschinen nicht verndert, aber die Leistung bei gegebenem Anfangsdruck eträchtlich erhöht, weil in der Zeiteinheit mehr Dampf erarbeitet wird.

Aus Abb. 3 geht hervor, daß diese Mehrleistung, je ach der Höhe des Gegendruckes und der Anfangstemeratur des Speisewassers, mehr als 30 vH betragen kann. Värmt man z. B. mit Gegendruckdampf von 5 at abs peisewasser von 50 ° bis auf 150 ° vor, so erhält man um 0 vH mehr Leistung; beträgt der Bedarf an Heizdampf inter der Maschine 10 000 kg/h, so muß demnach die Mashine 12 000 kg/h verarbeiten, wovon 2000 kg/h zur Vorärmung benutzt werden. Je kälter das Wasser und je öher der Gegendruck ist, um so größer ist die Mehreistung. Dies Verfahren eignet sich also gerade für olche Betriebe, die mit hohem Gegendruck arbeiten iüssen.

S p e i s e w a s s e r v o r w ä r m u n g mit A n z a p f - a m p f hat man bei den Kondensationsmaschinen vielch angewandt, um den thermischen Wirkungsgrad zu veressern. Dies beruht darauf, daß ein Teil der Wärme nicht n Kondensator vernichtet, sondern zur Vorwärmung enutzt und damit dem Kreisprozeß wieder zugeführt ird; je nach der Zahl der Entnahmestellen und je nach er Höhe des Anfangsdruckes beträgt dieser Gewinn an Virkungsgrad 6 bis 10 vH[6]). Bei den Gegendruckmaschien hat man dagegen, soweit bekannt, das Regenerativerfahren noch nicht eingeführt, wohl deshalb, weil sich

[6]) Vergl. N o a c k, Hochdruck und Hochüberhitzung, Z. Bd. 67 (1923) 1153; G l e i c h m a n n, Höchstdruck und Energiewirtschaft, Z. Bd. 67 23) S. 1159; P i o - U l s k i, Das Regenerativverfahren bei Dampfkraftlagen, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 7 (1926) S. 296.

Abb. 6. Mehrleistung in Abhängigkeit vom Wärmegefälle für verschiedene Anfangsdrücke, Dampftemperaturen und Gegendrücke; unendlich viele Entnahmestellen; Gütegrad 100 vH

1 60 at abs, 450 °C 3 10 at abs, 450 °C
2 60 „ „ Sattdampf 4 10 „ „ Sattdampf
Gegendrücke: a_1, a_2 1 at abs b_1, b_2 2 at abs c_1, c_2 5 at abs

dabei der Wirkungsgrad nicht verbessert. Dagegen steigt bei Anwendung der Anzapfdampf-Vorwärmung die Leistung bei gegebener Heizdampfmenge noch erheblich, und zwar mit zunehmendem Anfangs- und Gegendruck, mit zunehmender Zahl der Entnahmestellen und mit steigendem Gütegrad der Maschine, Abb. 4 bis 8.

Für unendlich viele Entnahmestellen ist der Leistungszuwachs am höchsten[7]); Abb. 4 zeigt aber, daß man schon mit einer Entnahmestelle über 40 vH der insgesamt möglichen Mehrleistung erreicht, mit vier Entnahmestellen etwa 76 vH. Dann erhöht sich die Leistung mit Vermehrung der Entnahmestellen nur noch langsam, so daß sich wirtschaftlich kaum mehr als drei bis fünf Stellen rechtfertigen lassen[8]).

Der Einfluß des Gütegrades auf die Mehrleistung ist aus Abb. 5 zu erkennen; setzt man die Mehrleistung bei 100 vH Gütegrad (verlustlose Maschine) gleich 100 vH, so beträgt sie für 50 vH Gütegrad 78, für 80 vH Gütegrad 90 vH. Die Verbesserung des Gütegrades hat also nicht nur unmittelbaren, sondern auch mittelbaren Einfluß auf die Leistung der Gegendruckmaschine, und die Erhöhung der Anfangstemperatur wirkt sich sogar dreifach aus, indem erstens das theoretische Wärmegefälle größer wird, zweitens der Gütegrad steigt, und drittens bei Anwendung der Anzapfvorwärmung die Leistung wegen des höheren Gütegrades zunimmt.

Für die verlustlose Maschine und unendlich viele Entnahmestellen zeigt Abb. 6 die Mehrleistungen durch das Regenerativverfahren bei verschiedenen Drücken und Temperaturen. Man kann daraus folgende Gesetzmäßigkeiten erkennen:

1. Die Anfangstemperatur hat allgemein nur sehr geringen Einfluß; im Bereich der hohen Drücke erhöht sich die Leistung bei niedrigen Temperaturen etwas stärker als bei hohen Temperaturen, Linien a_1, b_1 und c_1, im Bereich der niedrigen Drücke ist es umgekehrt, Linien a_2, b_2 und c_2.
2. Die Leistung erhöht sich um so stärker, je geringer der Gegendruck ist; bei 60 at abs Anfangsdruck, 450 ° Anfangstemperatur und 1 at abs Gegendruck beträgt die Erhöhung z. B. 19 vH, bei 5 at abs Gegendruck unter sonst gleichen Verhältnissen nur 13,5 vH.
3. Die Leistung erhöht sich um so stärker, je höher der Anfangsdruck ist. Die Mehrleistung, die bei 60 at abs 19 vH beträgt, geht bei 10 at abs Anfangsdruck auf 7,5 vH zurück.

[7]) Vergl. Z e r k o w i t z, Das Gegendruckverfahren und seine Anwendung bei der Dampfturbine, Z. Bd. 68 (1924) S. 1093. Bei gesättigtem Anfangszustand des Dampfes ergibt der Clausius-Rankine-Prozeß mit unendlich vielen Entnahmestellen den gleichen Wirkungsgrad wie der Carnot-Prozeß.

[8]) Zum gleichen Ergebnis kommt N o a c k für die Kondensationsmaschinen, Z. Bd. 67 (1923) S. 1155

Abb. 7. Mehrleistung in Abhängigkeit vom Anfangsdruck für verschiedene Gegendrücke; Anfangstemperatur 450 °C, unendlich viele Entnahmestellen

Gegendrücke: a 0,15 at abs b 1 at abs c 2 at abs
d 5 at abs e 10 abs

Abb. 8. Wärmegefälle in Abhängigkeit vom Anfangsdruck; Anfangstemperatur 450°

a 2 at abs Gegendruck ohne Vorwärmung
a_1 desgl. mit Vorwärmung durch Gegendruckdampf (Speisewassertemperatur 10 °C)
a_2 desgl. mit Vorwärmung durch Gegendruckdampf und durch Anzapfdampf (unendlich viele Entnahmestellen)
a_3 desgl. mit drei Entnahmestellen
a_4 ohne Vorwärmung mit so hoher Zwischenüberhitzung, daß der Dampf bei 100 vH Gütegrad trocken aus der Maschine tritt
b 0,05 at abs Kondensatordruck ohne Vorwärmung

Da die Temperatur nur geringen Einfluß auf die Leistungserhöhung hat, so kann Abb. 7, die für 450° Anfangstemperatur aufgezeichnet ist, angenähert für alle Temperaturen gelten. Hiernach kann bei hohem Anfangsdruck und niedrigem Gegendruck die Leistung um mehr als 20 vH steigen.

In Abb. 8 zeigen die Linien a_1 und a_2, um wieviel sich die Leistung für je 1 kg Heizdampf erhöht, wenn man das Speisewasser durch Gegendruckdampf allein sowie durch Gegendruck- und Anzapfdampf vorwärmt. Die einfache Gegendruckmaschine muß z. B. für 160 kcal/kg Wärmegefälle und 2 at abs Gegendruck mit 34 at abs Anfangsdruck arbeiten, Linie *a*; bei Speisewasservorwärmung durch Gegendruckdampf sind für die gleiche Leistung nur 22 at abs Anfangsdruck notwendig, Linie a_1; und wenn man außerdem die Anzapfvorwärmung mit drei Entnahmestellen anwendet, so genügen sogar 19 at abs, Linie a_2. Bei 34 at abs Anfangsdruck würde die Leistung um 25 vH höher werden. Bei 60 at abs Anfangsdruck wäre die Gesamtleistung um 36 vH höher als bei der einfachen Gegendruckmaschine mit gleichem Anfangsdruck, und bei 100 at abs ist die Leistung nur noch um 11 vH geringer als die einer Kondensationsmaschine mit gleichem Anfangsdruck und 0,05 at abs Gegendruck, Linie *b*, Abb. 8.

Zwischenüberhitzung[9]) hat man bisher nur selten angewendet, vor allem wohl deshalb, weil die Maschinenanlage dadurch unübersichtlicher wird; auch sind die Anlagekosten ziemlich hoch und die erreichbaren Verbesserungen des Wirkungsgrades verhältnismäßig gering, weil die langen Rohrleitungen hohe Wärmeverluste verursachen. Bei sehr hohen Drücken empfiehlt sich jedoch die Zwischenüberhitzung schon deshalb, weil sie verhindert, daß der Dampf in den letzten Turbinenstufen zu feucht wird.

Für Gegendruckmaschinen hat die Zwischenüberhitzung namentlich den Wert, daß man den Zustand des Dampfes hinter der Maschine genau regeln kann. Dampf von 100 at abs und 450° enthält, adiabatisch auf 2 at abs entspannt, etwa 13 vH Feuchtigkeit. Auch in einer Maschine mit 70 vH Gütegrad ist er dann noch feucht (2 vH). Verlangt man also hinter der Maschine schwach überhitzten Dampf, so braucht man bei hohen Anfangsdrücken Zwischenüberhitzung, da sich die Anfangstemperatur praktisch nicht über 450° steigern läßt.

[9]) Vergl. Hartmann, Der heutige Stand des Höchstdruckdampfbetriebes für ortfeste Kraftanlagen in den verschiedenen Industrieländern, Z. Bd. 67 (1923) S. 1145; derselbe, Hochdruckdampf, Berlin. 1925; Münzinger, Höchstdruckdampf, Berlin 1926.

Abb. 9. Wirkungsgrade des Carnotschen Kreisprozesses in Abhängigkeit von der Sattdampftemperatur

Endtemperatur: *a* 32,5 °C (0,05 at abs) *b* 150 °C (5 at abs)
a_1 Thermischer Wirkungsgrad der wirklichen Maschine bei 450 °C des überhitzten Dampfes

Abb. 10. Zunahme des Carnot-Wirkungsgrades in Abhängigkeit von der Steigerung der Sattdampftemperatur (*a*) und des Frischdampfdruckes (*b*)

Auch die Leistung wird durch die Zwischenüberhitzung erheblich gesteigert, namentlich bei höheren Drücken, gan abgesehen davon, daß sich der Gütegrad der Maschin verbessert. Angenommen, man überhitze nur so weit, da ganz trockner Dampf aus der Maschine austritt (be adiabatischer Entspannung, also 100 vH Gütegrad), so be trägt die Mehrleistung bei 50 at abs Anfangsdruck rd. 6 vH bei 100 at abs rd. 16,5 vH, Linie a_4, Abb. 8.

Erhöhung der Verdampftemperaturen

Die Steigerung des Anfangdrucks erhöht den theore tischen thermischen Wirkungsgrad der Dampfmaschine Von einer gewissen Grenze ab, die nach dem heutige Stande der Technik etwa bei 30 bis 40 at abs liegt, is jedoch die Drucksteigerung nicht mehr wirtschaftlich, wei die Brennstoffersparnisse dann nur noch wenig, die Kapi talkosten dagegen stark zunehmen. Der Wirkungsgrad de verlustlosen Heißdampfmaschine (450°) ist bei mittlere Drücken ungefähr gleich dem Wirkungsgrad des Carnot schen Prozesses, wenn man als obere Temperatur die Satt dampftemperatur des Frischdampfes und als untere di Kondensatortemperatur einsetzt; denn die Flüssigkeits und die Überhitzungswärme gleichen sich in den meiste Fällen ungefähr aus.

Linie *a* und *b*, Abb. 9, geben also angenähert auc ein richtiges Bild für den Verlauf der thermischen Wir kungsgrade der wirklichen Maschine. Die Zunahme a Wirkungsgrad ist bei hohen Temperaturen schon wesent lich geringer als bei niedrigen, Linie *a*, Abb. 10; ferne ändert sich aber auch die Temperatur bei hohen Drücke so langsam, daß der Wirkungsgrad bei 1 at und selbst b 10 at Drucksteigerung kaum noch merklich zunimm Linie *b*, Abb. 10. Bei der wirklichen Maschine verläu der Wirkungsgrad bei den hohen Temperaturen sogar noc flacher, Linie a_1, Abb. 9, nimmt also noch weniger zu.

Die praktische Grenze der Anfangstemperatur lieg für gesättigten Wasserdampf bei der kritischen Temperatu von 375°; da aber wirtschaftlich kein höherer Frisch dampfdruck als rd. 100 at abs (320° Sattdampftemperatur

Abb. 11. Sattdampfdrücke von Wasser, Diphenyloxyd und Quecksilber in Abhängigkeit von der Temperatur

a, a_1 Wasser
b, b_1 Diphenyloxyd
c, c_1 Quecksilber
K kritischer Punkt für Diphenyloxyd

. Frage kommt, beträgt der beste erreichbare Wirkungs-ad des Carnotschen Kreisprozesses bei 0,05 at abs Kon-nsatordruck $\frac{T_1 - T_2}{T_1} = 48$ vH[10]).

Im Dauerbetrieb von Dampfmaschinen sind aber An-ngstemperaturen bis zu 450° praktisch zulässig, also um 50° mehr als bei 100 at abs Sattdampfdruck. Wenn es aher gelingt, mit einem andern Mittel als Wasserdampf, essen kritische Temperatur über 450° liegt, bei mäßigen rücken Sattdampftemperaturen von 400° bis 450° zu er-ichen, so kann man den Wirkungsgrad des Carnotschen reisprozesses um 10 vH auf 58 vH steigern.

Der Gedanke, im Bereich hoher Temperaturen mit nem andern Mittel als Wasser zu arbeiten, dieses bei ittleren Temperaturen zu kondensieren und mit dem ırch die Kondensatwärme erzeugten Wasserdampf eine iederdruckturbine zu betreiben, auf diese Weise also ein el größeres Temperaturgefälle auszunutzen, als es bei 'asserdampfmaschinen allein möglich ist, ist schon mehr-ch erörtert worden[11]); er wurde zuerst von Emmet in e Praxis umgesetzt[12]). Emmet benutzte für seine Zwei-stoffturbine Quecksilber und Wasser; die Quecksilberturbine arbeitet mit 400° Anfangstemperatur und erzeugt im Kondensator bei 0,04 at abs Wasserdampf von 20 at abs, der in der Wasserdampfturbine auf 0,05 at abs entspannt wird. Der Wirkungsgrad des Carnotschen Prozesses beträgt für das verfügbare Temperaturgefälle 55 vH.

Ob sich die Zweistoffturbine trotz ihrer thermischen Vorteile in die Praxis einführen wird, und ob Quecksilber trotz seiner Nachteile (es ist sehr giftig, teuer und hat sehr hohes spezifisches Gewicht) der geeignete Stoff für das Hochtemperaturgebiet von Dampfkraftanlagen ist, bleibe dahingestellt. Hier sei nur untersucht, ob sich Kraft- und Wärmewirtschaft auch kuppeln lassen, wenn man ein anderes Mittel als Wasser zur Krafterzeugung für das Hochtemperaturgebiet anwendet.

Linie *b*, Abb. 9, zeigt den Verlauf des Carnot-Wirkungsgrades bei der unteren Temperatur von 150°; sie schneidet die obere Temperaturgrenze von 450° bei 41,5 vH Wirkungsgrad, während Linie *a* den gleichen Wirkungsgrad bei 40 at abs erreicht. Daraus ergibt sich, daß schon die Einstoffturbine mit hoher Anfangstemperatur ebenso hohe Wirkungsgrade erreicht wie eine neuzeitliche Hochdruck-Kondensationsmaschine, obwohl ihre Endtemperatur bei 150° liegt.

Benutzt man daher den mit der Kondensatorwärme erzeugten Wasserdampf (rd. 5 at abs) als Heizdampf, so ist die Hochtemperatur-Maschine eine geradezu ideale Gegendruckanlage, die die gleiche Leistung wie die übliche Hochdruckmaschine liefert; die Wärme, die man im Kondensator dem Betriebstoff entzogen hat, geht aber nicht verloren, sondern dient zur Erzeugung von Heizdampf. Daher beträgt auch in diesem Fall der theoretische thermische Wirkungsgrad 100 vH, die Leistung ist dagegen für gleichen Heizdampfbedarf um ein Mehrfaches größer als bei der Wasserdampf-Gegendruckmaschine.

Von den Stoffen, die sich für diese Zwecke eignen, kommt Quecksilber nicht in Frage, da seine Dampftemperatur selbst bei dem sehr niedrigen Kondensatordruck von 0,04 at abs noch rd. 200° beträgt; der Gegendruck würde daher 20 at abs betragen, also für fast alle Heiz- und Kochzwecke viel zu hoch sein, und die Leistung der Quecksilberturbine wäre dementsprechend ziemlich gering.

Dagegen eignet sich das kürzlich von Dow[13]) untersuchte Diphenyloxyd sehr gut für den Gegendruckbetrieb, s. Abb. 11. Sein kritischer Punkt liegt bei 530° und 32,7 at abs; bei 450° beträgt die Dampfspannung 16,5 at abs, bei 150° 0,05 at abs. Die Druck-Temperatur-Linie des Diphenyloxyds verläuft zwischen der von Wasser und von Quecksilber, was für den Gegendruckbetrieb besonders geeignet ist. Dagegen hat der thermische Vorteil des Quecksilbers, daß sein kritischer Druck sehr hoch ist (über 800°), vorläufig keine praktische Bedeutung,

[10]) Bei Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf und bei Überhitzung kann der theoretische thermische Wirkungsgrad der wirklichen Maschine den des Carnot-Prozesses nicht nur erreichen, sondern sogar etwas übertreffen. Mehr als 50 vH beträgt er aber selbst bei vier Entnahmestellen und doppelter Überhitzung nicht.

[11]) Vergl. z. B. Schreber, Die Theorie der Mehrstoffmaschinen, Leipzig 1903; Münzinger, Höchstdruckdampf, Berlin 1926; Stodola, Dampf- und Gasturbinen, Berlin, Springer 1924 (Anhang). Havlizek, Kritik der Wärmekraftmaschinen, Ergänzungsheft „Technische Mechanik“ zur VDI-Zeitschrift 1925 S. 12.

[12]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1325; Z. Bd. 69 (1925) S. 774, 1366.

[13]) Mechanical Engineering Bd. 48 (1926) S. 815.

Abb. 12. Entropiediagramme von Wasser, Diphenyloxyd und Quecksilber

a Wasser *b* Diphenyloxyd *c* Quecksilber, bezogen auf 1 kg Sattdampf b_1 Diphenyloxyd c_1 Quecksilber, bezogen auf 1 kg Sattdampf

Abb. 13. Wärmeinhalte von gesättigtem Wasser-, Diphenyl- und Quecksilberdampf in Abhängigkeit von der Temperatur

a Wasser *b* Diphenyloxyd *c* Quecksilber
k kritische Temperatur für Wasser bei 225 at abs
k_1 desgl. für Diphenyloxyd bei 32,7 at abs

Zahlentafel 2

Theoretische Wirkungsgrade und Leistungen von Maschinen für Diphenyloxyddampf

Diphenyloxyddampf: Druck vor der Maschine at abs	Temperatur vor der Maschine °C	Druck hinter der Maschine at abs	Temperatur hinter der Maschine °C	Carnot-Wirkungsgrad vH	Wärmeinhalt des Frischdampfes kcal/kg	Wärmeinhalt des Abdampfes kcal/kg	Wärmegefälle kcal/kg	Wasserdampf (im Kondensator erzeugt): Druck at abs	Temperatur °C	Wärmeinhalt kcal/kg	kg Diphenyloxyd auf 1 kg Wasserdampf	Wärmegefälle des Diphenyloxyddampfes für 1 kg Wasserdampf kcal/kg
32,7	530	0,015	120	51,0	230	112,8	117,2	2	120	646,9	5,72	670
32,7	530	0,05	150	47,3	230	121,2	108,8	5	150	657,3	5,42	590
32,7	530	0,13	180	43,6	230	129,7	100,3	10	180	664,4	5,12	514
16,5	450	0,015	120	45,4	232	126,8	105,2	2	120	646,9	5,14	541
16,5	450	0,05	150	42,0	232	134,8	97,5	5	150	657,3	4,89	476
16,5	450	0,13	180	37,8	232	144,3	87,7	10	180	664,4	4,59	403
10,0	400	0,015	120	41,2	220	129,7	90,3	2	120	646,9	4,98	449
10,0	400	0,05	150	37,2	220	138,0	82,0	5	150	657,3	4,75	389
10,0	400	0,13	180	32,7	220	148,0	72,0	10	180	664,4	4,49	324

da die höchste anwendbare Temperatur hier weit unter der kritischen Temperatur des Diphenyloxyds liegt.

Abb. 12 zeigt die Entropiediagramme von Wasser, Quecksilber und Diphenyloxyd, bezogen auf 1 und 6 kg Sattdampf. Eigentümlich ist, daß die Linie des Diphenyloxyddampfes fast parallel zur Linie der Flüssigkeit verläuft; das hat zur Folge, daß der Sattdampf bei adiabatischer Entspannung in der Maschine nicht feucht, wie Wasser- und Quecksilberdampf, sondern sogar überhitzt wird. Dies verbessert den Gütegrad der Maschine und macht einen Überhitzer entbehrlich.

Aus dem *JT*-Diagramm, Abb. 13, erkennt man, daß der Wärmeinhalt von 1 kg Diphenyloxyddampf je nach der Temperatur 1/3 bis 1/6 des Wärmeinhalts von 1 kg Wasserdampf beträgt. Da aber Diphenyloxyddampf sehr dicht (etwa neunmal dichter als Wasserdampf) sein soll, so werden die Maschinenabmessungen für gleichen Anfangsdruck bei Betrieb mit Diphenyloxyd wesentlich kleiner.

Für den Gegendruckbetrieb ist es wichtig, festzustellen, welches Wärmegefälle für 1 kg Heißdampf bei gegebenem Heizdampfdruck zur Verfügung steht. Diese Werte sind in Zahlentafel 2 für verschiedene Anfangs- und Endtemperaturen berechnet, unter der Voraussetzung, daß trockner Wasserdampf erzeugt wird. Die Ergebnisse sind in Abb. 14 abhängig vom Anfangsdruck dargestellt. Hiernach kann die Diphenyloxyd-Maschine, in deren Kondensator Heizdampf von 5 at abs erzeugt wird, nicht nur die Leistung der üblichen Wasserdampf-Gegendruckmaschinen, sondern auch die der Höchstdruck-Kondensationsmaschinen bedeutend übertreffen. Eine Diphenyloxyd-Maschine gibt bei 16,5 at abs, 450° Anfangszustand und 0,05 at abs Gegendruck, wenn im Kondensator trockener Heizdampf von 5 at abs erzeugt wird, 475 kcal/kg, Linie b_1, ab[14]), während eine Höchstdruck-Kondensationsmaschine für Wasserdampf von 100 at abs und 450° nur 310 kcal/kg, Linie b, abgibt. Da der thermische Wirkungsgrad dieser Diphenyloxyd-Maschine allein ebenso hoch ist wie der einer solchen Höchstdruck-Kondensationsmaschine, Abb. 9, so bleiben die Brennstoffkosten für 1 kWh bei beiden Maschinen selbst dann noch gleich, wenn infolge von Störungen in der Heizdampfleitung der Wasserdampf unausgenutzt ins Freie abbläst.

RZ2364Z14

Abb. 14. Wärmegefälle von Diphenyloxyd- und Wasserdampf, bezogen auf 1 kg trockenen Heizdampf, bei verschiedenen Anfangsdrücken

Diphenyloxyd: a_1 0,015 at abs Gegendruck und 120 °C (= 2 at abs Wasserdampfdruck)
b_1 0,05 at abs Gegendruck und 150 °C (= 5 at abs Wasserdampfdruck)
c_1 0,14 at abs Gegendruck und 180 °C (= 10 at abs Wasserdampfdruck)
Wasser: a_2 2 at abs Gegendruck und 120 °C
b_2 5 „ „ „ „ 150 „
c_2 10 „ „ „ „ 180 „
b 0,05 „ „ Kondensatordruck und 32,5 °C

Die wärmewirtschaftlichen Vorteile der Hochtemperatur-Maschine stehen also außer Frage. Diphenyloxyd soll[15]) für den Betrieb einer Dampfkraftmaschine weit brauchbarer als etwa Quecksilber sein. Es ist nicht giftig, soll keinen schädlichen Einfluß auf Kessel und Maschine ausüben und hat trotz seines geringen spezifischen Gewichtes (1,083) eine sehr große Dampfdichte; die Maschinen werden also kleiner und billiger, zumal auch mit niedrigeren Drücken in Kessel und Maschine gearbeitet wird.

Das reine Diphenyloxyd schmilzt bei 28°, dagegen schon bei geringer Verunreinigung erheblich tiefer. Da im Betrieb kein Teil des Kessels unter diese Temperatur sinken kann, so ist keine Störung durch Erstarren des Stoffes zu befürchten. Dagegen soll sich Diphenyloxyd bei hohen Temperaturen und Drücken zersetzen. Versuche von Dow sollen jedoch ergeben haben, daß bei 15 at abs und 440° während 700 h nur 1 bis 2 vH sich zersetzen; außerdem entsteht bei der Zersetzung Phenol, das ähnliche thermische Eigenschaften wie Diphenyloxyd hat.

Als Betriebstoff für Kraftanlagen ist allerdings Diphenyloxyd teuer, wenn auch nicht annähernd so teuer wie Quecksilber. Der Preis soll 2,80 ℳ/kg betragen; ferner soll die Herstellung unbeschränkter Mengen technisch und wirtschaftlich keine Schwierigkeiten machen[16]).

Schlußfolgerungen

Da man mit Gegendruckmaschinen Energie wesentlich billiger als mit Kondensationsmaschinen erzeugen kann, ist es privat- und volkswirtschaftlich außerordentlich wichtig, die Leistung der Gegendruckmaschinen zu steigern, wenn der Kraftbedarf eines Werkes steigt oder billige Überschußenergie nach außen geliefert werden kann. Zu diesem Zweck sind Druck und Temperatur des Frischdampfes zu erhöhen, der Gegendruck zu senken und Zwischenüberhitzung sowie Speisewasservorwärmung durch Gegendruck- und Anzapfdampf anzuwenden. Man kann aber auch durch Benutzung andrer Betriebstoffe mit hohen Verdampftemperaturen bei verhältnismäßig niedrigen Drücken bedeutende Mehrleistungen erzielen.

[14]) Bezogen auf 1 kg trockenen Heißdampf von 5 at abs.

[15]) Die chemische Zusammensetzung ist nicht angegeben; wahrscheinlich handelt es sich um einen organischen Stoff mit der chemischen Formel $C_6H_5-O-C_6H_5$, der von Landolt (Landolt-Börnstein, Physikalisch-Chemische Tabellen, Berlin 1923) Diphenyläther genannt wird. Dieser Stoff und das von Dow beschriebene Diphenyloxyd haben jedenfalls gleiche thermisch-physikalische Eigenschaften.

[16]) Ob sich Diphenyloxyd als Betriebstoff für Kraftanlagen eignet, muß erst durch eingehende praktische Versuche nachgeprüft werden. Man sollte auch alle Stoffe mit ähnlichen thermischen Eigenschaften auf ihre betriebstechnische und wirtschaftliche Eignung hin untersuchen.

Welche Mengen an Überschußenergie Diphenyloxyd-schinen abgeben könnten, ergibt sich aus folgender Be-hnung: Im Jahre 1925 wurden etwa 30 Mill. t Braun-lenbriketts hergestellt; zur Trocknung von je 1,94 t hbraunkohle (entsprechend 1 t Briketts) wurden rd. 4 t Dampf von 3,5 at abs verbraucht[17]); demnach ver-uchte die gesamte deutsche Brikettindustrie 30 · 1,34 = Mill. t Dampf.

Das theoretische Wärmegefälle der Diphenyloxyd-Ma-ine mit 450° Anfangstemperatur (16,5 at abs) und 138° dtemperatur (0,035 at abs) beträgt für je 1 kg Heiz-npf von 3,5 at abs rd. 500 kcal. Bei 75 vH Gütegrad inte man nach Abzug der mechanischen Verluste in der schine und der Verluste im Kondensator mit je 1 kg Heizdampf rd. 300 kcal in mechanische Leistung umsetzen, also mit je 3 kg Trockendampf 1 kWh erzeugen. Die Brikettfabriken könnten also in einem Jahr 40 : 3 = 13,33 Milliarden kWh liefern, während die gesamte Stromerzeugung Deutschlands 1925 rd. 11 Mill. kWh betragen hat.

Voraussetzung für die Ausführung solcher Pläne ist, daß es gelingt, verschiedenartige Wärmeverbraucher so zusammenzuschließen, daß sich die Schwankungen in ihrem Kraft- und Wärmeverbrauch ausgleichen lassen[18]).

[B 2364]

[17]) Vergl. Uihlein, Über Erfolge mit Gegendruckbetrieben und Heranziehung zur Ueberlandversorgung, „Die Wärme“ Bd. 48 (1925) 3; Vigener. Betrachtungen über die wirtschaftlichen Grenzen Dampfdruckes für die deutsche Braunkohlen- und Brikettindustrie, unkohle“ Bd. 25 (1926) S. 471.

[18]) Vergl. Gerbel, Kraft- und Wärmewirtschaft in der Industrie (Abfallenergie-Verwertung), Berlin 1918; Eberle, Der Einfluß des Hochdruckdampfs auf die Entwicklung industrieller Dampfanlagen, Z. Bd. 63 (1924) S. 1009; Pauer, Die Verbindung von Heizung mit Kraftanlagen, „Gesundheitsingenieur“ Bd. 47 (1924) S. 619; Vigener s. [17]); Uihlein, desgl. und Tarifbildung für die interne Verrechnung von Dampf und Kraft, insbesondere in Fabrikanlagen mit Gegendruck- und Zwischendampfentnahmebetrieb, „Die Wärme“ Bd. 49 (1926) S. 656; Praetorius, Kupplung von Kraft- und Wärmewirtschaft, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 7 (1926) S. 284; de Grahl, Verwertung von Abfall- und Ueberschußenergie. Berlin 1926.

Zur Geschichte der beweglichen Laufradschaufeln

Der Vater des heutigen Francisturbinen-Leitrades, Prof. nk, sagt in seinem 1878 erschienenen Buche „Theorie Konstruktion der Brunnenanlagen, Kolben- und Zentri-alpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren“:

„Sehen wir von der unvorteilhaftesten Form des ützens durch einen direkten Gefälleverlust, also Senkung Oberwasserspiegels oder Hinderung des Wasseraus-ses ab, dann bleiben nur drei verschiedene Methoden r Leistungsregelung) übrig:

. Verengung oder Verringerung der Zahl der Leitzellen;
. Verengung oder Verringerung der Zahl der Laufradzellen;
. Verengung der Lauf- und Leitradzellen.

Zu 3. Diese Methode ist unzweifelhaft in den meisten len die vorteilhafteste und für Radialturbinen die Ver-ung durch Verringerung der Höhe λ theoretisch das zig Richtige; die Ausführung bietet aber praktische wierigkeiten, und es genügt nach den Erfahrungen des fassers eine Verengung durch Drehung der Schaufeln kommen allen praktischen Anforderungen. Dreht man die Leitschaufeln, dann sollte man meinen, daß das imum des Nutzeffektes bei enger Schaufelstellung auch einer größeren Umdrehungszahl erreicht werden müßte, bei weiter. Die Tabelle S. 223 zeigt, daß das Gegen- stattfindet, da bei bestimmter Schaufelstellung an-ernd das Maximum der Leistung mit dem Maximum des zeffektes zusammenfällt. Macht man die Radschaufeln h drehbar, dann erhält man bei enger Schaufelstellung n höheren Nutzeffekt als bei nur drehbaren Leitschau-, und diesen auch bei wenig veränderter Umdrehungs-l.“

Seitdem ist der Gedanke der beweglichen Laufradschau- nicht zur Ruhe gekommen. Mir liegt die Zeichnung einer in Finnland durch eine andre Turbine ersetzten Turbine vom Jahre 1881 vor, die mit regelbaren, von innen beaufschlagten Laufradschaufeln ausgestattet war, Abb. 1 bis 4. Als Konstrukteur hat gezeichnet: Max Wigren, Forsa, den 14. Mai 1881. Die deutsche Patentschrift Nr. 38 414 vom 6. Mai 1886 zeigt in Abb. 2, die hier als Abb. 5 beigefügt wird, drehbare Laufradschaufeln, und zwar für axial durchströmte Turbinen. In den übrigen Abbildungen werden nähere Angaben über veränderte Laufrad- und Leitrad-Schaufelwinkel und die Verstellung der Laufradschaufeln durch den Regler gemacht. Das Patent ist seinerzeit W. Nossian und H. Hutter, Wien, erteilt worden. [M 2360]

. 5. Drehbare Laufradschaufel axial durchströmte Turbinen aus dem Jahre 1886

Abb. 1 bis **4** Radialturbine mit innerer Beaufschlagung des Laufrades und der Drehschaufeln aus dem Jahre 1881

Elbing H. Korn

Abnahmeversuche an Turbokompressoren

Von Dipl.-Ing. H. Rollwagen, Obering. der Gesellschaft zur Überwachung von Dampfkesseln, M.-Gladbach

Ergebnis der Abnahmeversuche an den Turbokompressoren des Mörser Steinkohlenbezirkes — Höchstleistung, Pumpleistung, Bedarf der Kondensation und Wirtschaftlichkeit der Lufterzeugung — Unterschied zwischen Messung im Saugen und Drücken

In den Steinkohlenbergwerken des Mörser Industriebezirkes sind bis jetzt an raschlaufenden Luftverdichtungsmaschinen aufgestellt worden acht Turbokompressoren und ein Koksofengassauger. An sämtlichen von diesen Maschinen bis auf einen Turbokompressor konnte ich als Beamter des Dampfkessel-Revisionsvereins M.-Gladbach die Abnahmeversuche durchführen. Bei den Messungen auf der Dampfseite wurde durchweg das Kondensat in zwei Gefäßen mit umschaltbarer Wippe bestimmt, und zum Teil auch der Verbrauch der von kleinen Turbinen angetriebenen Kondensationsanlagen erfaßt[1]. Die Luftmenge am Verdichter wurde durchweg mit Düse ermittelt, und zwar meistens in der Saugleitung, einmal nur in der Druckleitung und zweimal in Saug- und Druckleitung. Da die Versuche an der ersten Maschine 1912, die an der letzten 1926 vorgenommen sind, so ist auch anfänglich die umständliche Düsenauswertung nach der Adiabate, später die einfachere nach der Isotherme unter Zugrundelegung der Hinzschen Formeln erfolgt. Durchweg war bei den Versuchen selbst der Düsenfaktor 0,99 zugrunde gelegt, die hier wiedergegebenen Zahlen sind allerdings auf den nach den letzten Normen[2]) richtigeren Faktor 0,948 umgerechnet. Die Geschwindigkeit der Zuluft vor der Düse wurde durch den Faktor z berücksichtigt.

Der Übersicht halber seien die verwendeten Düsenformeln zusammengestellt[3]):

1. Luftmenge (m³/h), bezogen auf den Zustand: Druck hinter Düse, Temperatur vor Düse:

a) bei Druckgefälle h größer als 300 mm.

$$V = 0{,}948\, z \cdot 16{,}14\, F \sqrt{T \left(\frac{p}{p_0}\right)^{0{,}286} \left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{0{,}286} - 1\right]}.$$

Zur Ermöglichung der Ausrechnung ohne allzuviel Rechenarbeit wurde eine Kurve aufgezeichnet mit $\log\left(\frac{p}{p_0}\right)$ als Abszisse, und als Ordinate

$$f\left(\frac{p}{p_0}\right) = 0{,}948 \cdot 16{,}14 \sqrt{\left(\frac{p}{p_0}\right)^{0{,}286} \left[\left(\frac{p}{p_0}\right)^{0{,}286} - 1\right]}.$$

Hiermit wird dann:

$$V = z\, F \sqrt{T}\, f\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ (Adiabate).}$$

Dieser Wert ist mit Hilfe der Kurve dann an Hand einer Logarithmentafel rasch ermittelt.

b) bei Druckgefälle h kleiner als 300 mm.

$$V = 0{,}948\, z \cdot 8{,}627\, F \sqrt{\frac{p_0}{T}\, h} \text{ (Isotherme).}$$

Hierbei ist F in cm², p_0 in kg/cm², h in mm Wasse[r]säule einzusetzen.

$$z = 1 : \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right].$$

2. Isothermische Luftleistung[4]):

$$N_{is} = 0{,}0853\, p_a\, V_a \log\left(\frac{p_1}{p_a}\right) \text{ (PS);}$$

hierbei ist p in kg/cm², V in m³/h eingesetzt.

Die Ausrechnung der Luftmenge nach der Adiaba[te] wurde hauptsächlich beim Vergleich der Saug- mit d[er] Druckmessung erforderlich.

Da der Hauptnachteil des umlaufenden Verdichte[rs] gegenüber dem Kolbenverdichter in seiner Eigenschaft a[ls] Pumpe liegt, so wurde besonderer Wert auf die Ermit[t]lung der Pumpgrenze gelegt und auch deren Abhängigke[it] von der Druckluftspannung p_1 jeweilig ermittelt. I[n] Zahlentafel 1 seien zunächst Nennleistung und die Wer[te] von Höchstleistung und Pumpleistung einander gegenübe[r]gestellt. Alle angegebenen Luftmengen (m³/h) sind a[uf] den Zustand vor dem Kompressor bezogen; mit Ausnahm[e] von Kompressor Nr. 2 sind in Zahlentafel 1 alle in d[er] Saugleitung ermittelten Luftmengenwerte angegeben, b[ei] Nr. 2 nur die in der Druckleitung ermittelten.

Aus Zahlentafel 1 ergibt sich die Höhe der Pum[p]grenze, d. i. die geringste Luftleistung des Verdichter[s,] und da dieser Wert im Verhältnis zur Höchstleistu[ng] recht hoch liegt, so zeigt es sich auch hier, wie no[t]wendig es ist, sich für Tageszeiten geringen Luftbedarf[s] vorzusehen. Bei Maschine 4 wurde ein Verbrauchsve[r]such bei geschlossener Saugleitung, also ohne Luftförd[e]rung, vorgenommen und hierbei ein Verbrauch v[on] 3550 kg/h an Dampf ohne den Abdampf der Turbine f[ür] die Oberflächenkondensation und 5150 kg/h mit einer so[l]chen Turbine festgestellt, d. s. 19 vH und 28 vH des Ve[r]brauchs bei Nennlast.

In Zahlentafel 2 ist nunmehr das Ergebnis der Ve[r]brauchsversuche wiedergegeben, wobei durchweg mit Au[s]nahme von Nr. 1 und 3 der Abdampf der Turbine für d[ie] Oberflächenkondensation einer Zwischenstufe der Haup[t]turbine zugeführt und mitgemessen wurde. Bei Nr. 1 und [3] ist er nicht im Verbrauch enthalten, da eine Einführun[g] in eine Zwischenstufe dort fehlt und der Abdampf a[n] andrer Stelle nutzbar verwertet wird. Mit Ausnahm[e] von Verdichter 2 beziehen sich des Vergleichs wegen säm[tliche]

[1]) Vergl. Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 5 (1924) S. 101 bis 106.
[2]) „Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren", Berlin 1926, VDI-Verlag.
[3]) ebenda S. 15, 42, 43.
[4]) „Regeln" S. 8 unten, umgerechnet auf Logarithmus für die Basis [...]

Zahlentafel 1. Höchstleistung und Pumpleistung der verschiedenen untersuchten Verdicht[er]

Verdichter Nr.	1	2	3	4	5	6
Jahr der Abnahmeversuche	1912	1913	1918	1920	1921	1926
Normalleistung m³/h	10 000	12 000	20 000	25 000	25 000	25 000
p_1 at	6	7	7	7	7	7
Düsendmr. / Rohrdmr. der Saugleitung mm	225/–	—	350/600	450/800	450/850	400/700
„ „ „ Druckleitung „	—	225/–	—	425/850	325/1800	—
Höchstleistung bei Druck p_1 m³/h	12 440	13 600	29 250	32 900	34 200	28 800
Lufttemperatur hierbei °C	84	—	99	118,5	123	103
Drehzahl Uml./min	3 892	4 330	3 515	3 347	3 440	3 680
Pumpleistung m³/h	5 140	6 340	15 340	20 700	22 600	15 500
bezogen auf Höchstleistung vH	41,3	46,6	52,4	62,9	66,1	53,8
Drehzahl hierbei Uml./min	—	3 730	3 220	3 220	3 290	3300
bezogen auf Drehzahl bei Höchstleistung vH	—	86,1	91,7	96,2	95,6	89,7
Kühlwassermenge des Kondensators, gemessen m³/h	—	600	1200	1560	1300	1560
„ „ Verdichters, „ „	39	52,4	144	320	348	224

Zahlentafel 2. Verbrauchsversuche bei verschiedenen Belastungen

[illegible] Nr	1	2	3	4	5	6
a) Höchste gemessene Belastung						
ampfdruck at	10,66	—	10,5	8,1	9,1	8,6
ampftemperatur vor Ventil °C	259,3	—	279	287	274,7	300
ehzahl Uml./min	3 892	—	3 515	3 347	3 315	3 680
emperatur des eintretenden Kühlwassers °C	—	—	20	23,1	21	25,4
uftleere vH	95,5	—	92,4	92,1	94,3	94
ampfmenge kg/h	7 950	—	20 955	—	19 170	20 200
uftdruck hinter dem Verdichter at	6,03	—	6,95	6	6,89	7,05
emperatur „ „ „ °C	84	—	99	118,5	113,2	103
nterdruck vor dem Verdichter mm W.-S.	319	—	340	261	152	251
emperatur „ „ „ °C	27,8	—	8,8	28,3	20,3	4
uftmenge vom Zustand vor dem Verdichter m³/h	12 440	—	29 250	36 000	30 000	28 800
othermische Luftleistung PS	897	—	2 310	2 595	2 300	2 062
ampfmenge, bez. auf Ansaugluft kg/m³	0,638	—	0,717	—	0,639	0,7
„ „ „ isoth. Luftleistung kg/PS	8,87	—	9,07	—	8,33	9,07
rkungsgrad von Turbine und Verdichter zusammen vH	37,8	—	35,4	—	37,3	35,7
sgl., bezogen auf Saugleitung und Dampf für die O.-K.-Turbine in Zwischenstufe vH	35,4	—	33,2	—	37,3	35,7
b) Versuche bei Nennlast						
mpfdruck at	10,88	9	11,4	8,8	9	8,9
mpftemperatur °C	258	325,3	284	285	286	291,3
ehzahl Uml./min	3 823	3 982	3 300	3 260	3 280	3 463
mperatur des eintretenden Kühlwassers °C	—	21,9	18,5	23,1	23	22,3
ftleere vH	95,5	92,4	95,7	93,6	94,2	95,8
mpfmenge kg/h	6 610	8 305	13 255	18 500	17 430	15 790
ftdruck hinter dem Verdichter at	5,96	7,06	6,98	7	6,91	6,94
mperatur „ „ „ °C	79,4	73,5	74,9	107,2	105,7	90,6
terdruck vor dem Verdichter mm W.-S.	219	185	158	157	126	167
ftmenge vom Zustand vor dem Verdichter m³/h	10 400	11 250	19 800	27 700	27 000	23 260
othermische Luftleistung PS	753	877	1 577	2 146	2 080	1 796
mpfmenge, bez. auf Ansaugluft kg/m³	0,635	0,74	0,67	0,668	0,645	0,679
„ „ „ isoth. Luftleistung kg/PS	8,78	9,47	8,42	8,62	8,38	8,79
rkungsgrad von Turbine und Verdichter zusammen vH	38,3	32,65	35,6	37,1	36,7	35,2
sgl., bezogen auf Saugleitung und Dampf für die O.-K.-Turbine in Zwischenstufe vH	36,4	36,2	32,9	37,1	36,7	35,2
c) Versuche bei Mindestlast						
mpfdruck at	11,18	8,8	—	—	—	8,5
mpftemperatur °C	247,4	321,3	—	—	—	273,9
ehzahl Uml./min	3 648	3 707	—	—	—	3 170
mperatur des eintretenden Kühlwassers °C	—	22,8	—	—	—	25,1
ftleere vH	96,2	93,9	—	—	—	96,1
mpfmenge kg/h	4 220	5 700	—	—	—	10 670
ftdruck hinter dem Verdichter at	6,01	7	—	—	—	5,97
mperatur „ „ „ °C	56,2	57,9	—	—	—	63
terdruck vor dem Verdichter mm W.-S.	58	85	—	—	—	70
ftmenge vom Zustand vor dem Verdichter m³/h	5 250	7 350	—	—	—	14 430
thermische Luftleistung PS	384	573	—	—	—	1 046
mpfmenge, bez. auf Ansaugluft kg/m³	0,803	0,777	—	—	—	0,73
„ „ „ isoth. Luftleistung kg/PS	10,99	9,94	—	—	—	10,188
rkungsgrad von Turbine und Verdichter zusammen vH	30,8	30,65	—	—	—	32,6
gl., bezogen auf Saugleitung und Dampf für die O.-K.-Turbine in Zwischenstufe vH	27,4	34	—	—	—	32,6

ie Angaben auf die Messung in der Saugleitung, die währleisteten Werte galten für Verdichter 2, 4 und 5 i Messung in der Druckleitung, und die Versuche wurden entsprechend durchgeführt. Unter dem angegebenen rkungsgrad ist das Verhältnis zwischen isothermischer ftleistung und der adiabatischen Dampfleistung, wie sie h aus dem Mollier-Diagramm ergibt, zu verstehen. Jeweilig in der letzten Reihe ist der Wirkungsgrad für alle schinen unter der Annahme angenähert ausgerechnet, der Dampf der Turbine für die Oberflächenkondenon einer Zwischenstufe der Hauptturbine zugeht und gleichzeitig die Luft in der Saugleitung gemessen rden ist.

Bemerkt sei noch, daß jeweilig in der letzten Zeile Nr. 1 und 3 der Dampf für die O.-K.-Turbine mit 8 vH Verbrauches der Hauptturbine bei Normalleistung eingetzt ist. In Zahlentafel 3 ist noch der gemessene Veruch der Turbinen für die Oberflächenkondensation dergegeben. Wenn dieser Verbrauch auch bei sämten Turbinen mit Ausnahme von 1 und 3 einer Zwischene der Hauptturbine zugeführt und in der angegebenen brauchzahl enthalten ist, so sind doch die entsprechen Einzelwerte sehr beachtlich. Sie zeigen durch den Wert des Mehrverbrauches, wie groß der Einfluß des Dampfes für die Kondensation auf die Wirtschaftlichkeit ist und außerdem durch ihren Absolutwert, wie stark die Schluckfähigkeit des Niederdruckteils beeinträchtigt wird.

Zahlentafel 3. Verbrauch der Kondensation

Turbine Nr.	4	5	6
Mehrverbrauch mit Hilfsturbine kg/h	1450	1220	1180
Gegendruck der Hilfsturbine at	—	0,11	0,7[5]
Mehrverbrauch mit Hilfsturbine, bezogen auf den Verbrauch der Hauptturbine bei Nennlast vH	7,84	7	7,42
Absolutverbrauch der Hilfsturbine kg/h	—	2300	4040
Gegendruck der Hilfsturbine at	—	0,11	1,5[6]
Absolutverbrauch der Hilfsturbine, bezogen auf den Verbrauch der Hauptturbine bei Nennlast vH	—	13,2	25,6

[5]) 1/2 Last. [6]) 1/1 Last.

Zahlentafel 4. Vergleich der Messungen in Druck- und Saugleitung

Verdichter Nr.	4		5	
Durchmesser der Druckdüse . . . mm	425		325	
Durchmesser des Rohrendes an der Druckdüse . . . „	850		1 800	
hieraus Faktor z . . .	1,033		1,0	
Durchmesser der Saugdüse . . . „	450		450	
in Rohr vom Durchmesser . . . „	800		850	
hieraus Faktor z . . .	1,055		1,043	
Absoluter Luftdruck . . . kg/m²	10 220		10 160	
	Höchstlast	Nennlast	Höchstlast	Nennlast
Messung in der Saugleitung:				
Druckhöhe Saugdüse . . . mm W.-S.	220,5	134,8	165,6	134,8
Unterdruck hinter der Saugdüse . . . mm	210	130	166	135
Lufttemperatur vor der Düse . . . °C	25,7	26,3	17,8	18,5
„ „ dem Verdichter . . . „	28,3	28,8	20,3	20,8
Unterdruck vor dem Verdichter . . . mm W.-S.	261	157	152	126
entsprechende Luftmenge an der Düse . . . m³/h	35 260	27 350	29 740	26 780
bezogen auf den Zustand vor dem Verdichter . . . „	36 000	27 700	30 000	27 000
Messung in der Druckleitung:				
Druckhöhe Druckdüse . . . mm W.-S.	292	170,5	716,3	555,6
Absoluter Druck hinter der Druckdüse . . . kg/m²	10 220	10 220	10 160	10 160
Lufttemperatur vor der Düse . . . °C	116	103,2	90,5	85
entsprechende Luftmenge an der Düse . . . m³/h	39 900	30 000	34 300	29 950
bezogen auf den Zustand vor dem Verdichter . . . „	31 700	24 450	28 060	24 880
Unterschied zwischen Messung im Saugen und Drücken . . . „	4 300	3 250	1 940	2 120
bezogen auf die Saugleistung . . . vH	11,94	11,73	6,47	7,85

Damit ist bekanntlich eine Beeinträchtigung der Höchstlast verbunden. Der bei Turbinen für Stromerzeugerantrieb in einer großen Anlage schon beschrittene Weg, den Abdampf der Turbine für die Kondensation unmittelbar dem Kondensator zuzuführen und damit den Absolutverbrauch dieser Turbine auf ungefähr die Hälfte desjenigen bei Auspuff zu vermindern, ist noch an keiner Stelle beschritten, obwohl er sich dort auch wirtschaftlich als gleichwertig mit dem Zwischenstufenbetrieb ergeben hat, ohne dessen Nachteile zu haben.

In Zahlentafel 1 ist bereits darauf hingewiesen, daß die Luftmenge je nach der abgegebenen Garantie zum Teil in der Druckleitung, zum Teil in der Saugleitung ermittelt wurde. Da es nun sehr wertvoll ist, zu wissen, wie hoch die Luftverluste im Verdichter selbst sind, so wurde an den beiden Verdichtern 4 und 5 trotz der hierzu erforderlichen umfangreichen Vorbereitungen sowohl in der Saugals auch in der Druckleitung gemessen. Die Saugleitung war dabei normal angeschlossen unter Zwischenbau der ohnehin für den Luftmengenmesser des Betriebes erforderlichen Düse, die für die genaue Messung näherliegende U-Rohre erhielt. Die Druckleitung, die besonders für die Messung eingebaut wurde, zweigte hinter dem Druckventil ab, das gleichzeitig zum Drosseln benutzt wurde, damit genau der gewünschte Druck eingestellt werden konnte. Hinter dem Druckventil schloß ein rd. 10 m langes Rohr an, dann folgte der Beruhigungs- und Gleichrichtraum, bestehend aus einem Erweiterungsstück mit siebartig durchlöcherten parallelen Blechen zur Vermeidung von Luftwirbeln, und am Ende saß die Düse. Die Versuche wurden Sonntags unter Ausblasung ins Freie nach erfolgter Drosselung durchgeführt, wodurch Schwankungen vermieden wurden. Der Beruhigungsraum bestand bei Turbine 4 aus einem Rohr von 850 mm Dmr. und 5 m Länge, und da sich hierbei ein sehr starker Unterschied zwischen der Messung im Saugen gegen die im Drücken ergab, so wurde bei den Versuchen an Turbine 5 als Beruhigungsraum ein alter Dampfkessel von 1800 mm Dmr. und 9 m Länge verwende In beiden Fällen waren die oben erwähnten Beruhigungs flächen angeordnet. Die Düsenergebnisse wurden de Unterschiedmessung wegen nach der Adiabate ausgewerte Zahlentafel 4 stellt die Meßwerte, die sich bei Turbine und 5 ergeben haben, einander gegenüber.

Zwischen der Messung in der Saug- und in der Druck leitung sind also ganz erhebliche Unterschiede vorhande die auf hohe Stopfbüchsverluste schließen lassen. Bei Garantienachweis darf dies nicht übersehen werden; den nutzbar abgegeben ist nur der in der Druckleitung e mittelte Wert. Nur ist darauf hinzuweisen, daß der Nach weis in der Druckleitung der umfangreichen Vorbereitun gen wegen wesentlich erschwert ist.

Zum Schluß sei noch für zwei von verschiedenen Fi men gebaute Verdichter die Abhängigkeit zwischen Pum leistung und Druck am Druckstutzen des Verdichter wiedergegeben, wie sie sich bei den Messungen ergebe hat, Zahlentafel 5. In beiden Fällen ist die Pumpleistun im Saugstutzen ermittelt.

An dem Koksofen-Turbo-Gassauger von 366 m³/mi höchster Gasleistung mit Gegendruckturbine von 260 PS wirksamer Leistung wurden von mir im Prüfraum der E bauerin ebenfalls eingehende Versuche vorgenommen, un zwar mit Luft unter Ermäßigung der Umlaufzahl um 25 vH Hierbei ergaben sich Gesamtwirkungsgrade von 19 bi 25 vH zwischen isothermischer Luft- und adiabatische Dampfleistung. Auf die Einzelheiten sei hier nicht nähe eingegangen.

Die hier wiedergegebenen Versuchsergebnisse betreffe sieben Maschinen folgender Herkunft: vier der Gutehof nungshütte, Sterkrade, zwei von Pokorny & Wittekin Frankfurt a. M., eine von Brown, Boveri & Cie., Bade (Schweiz). Absichtlich sind bei den einzelnen Ausführun gen die Erbauer nicht genannt; denn die Arbeit soll nu zeigen, mit welchen Dampfzahlen und Wirkungsgrade zur Zeit gerechnet werden kann. [B 2212]

Zahlentafel 5. Pumpleistungen in Abhängigkeit vom Luftenddruck

Verdichter Nr.	4			6		
Luftenddruck . . . at	5,1	6,8	7,8	4,8	5,8	6,[illegible]
Drehzahl . . . Uml./min	2 970	3 200	3 300	3 000	3 160	3 300
„ bezogen auf die Höchstdrehzahl . . . vH	89	95,7	98,7	81,5	86	89,[illegible]
Pumpansaugleistung . . . m³/h	15 560	20 500	21 800	10 820	12 980	15 080
„ bezogen auf die Höchstleistung . . vH	47,3	62,4	66,3	37,6	45,1	52,[illegible]
„ „ „ „ Nennleistung . . . vH	62,3	82	87,2	43,3	51,9	60,[illegible]

Luftwiderstand und Druckverlauf bei der Fahrt von Zügen in einem Tunnel

Von Walter Tollmien, Göttingen

Die im Auftrage der Studiengesellschaft für die Rheinisch-Westfälische Schnellbahn ausgeführten Untersuchungen sind ein Beispiel für die Anwendung der neuzeitlichen Strömungslehre auf eine verhältnismäßig verwickelte technische Frage. Behandelt werden die Luftkräfte bei der Einfahrt eines Zuges in den Tunnel, während der Tunnelfahrt selbst und bei Begegnung zweier Züge im Tunnel. Da Fahrgeschwindigkeiten von rd. 100 km/h in Frage kommen, fallen die Luftkräfte merklich ins Gewicht.

Zwei grundsätzlich verschiedene Fälle sind bei der Frage nach dem Luftwiderstand eines Zuges im Tunnel, mit der sich der erste Hauptteil dieser Arbeit eschäftigt, zu unterscheiden: einmal das Eindringen des uges in den Tunnel und dann die Fahrt im Innern des unnels nach Herausbildung stationärer Zustände.

Die strenge Nachbildung der wirklichen Verhältnisse n Modellversuch war sehr schwierig. Daher mußten ie auftretenden Kräfte auf Grund theoretischer Erägungen an der Hand von Versuchsergebnissen abeschätzt werden.

Einfahrt in den Tunnel

Ansatz nach der eindimensionalen Hydraulik

Der Zug erzeugt bei seiner Einfahrt in den Tunnel it der Geschwindigkeit v vor sich eine Verdichtung, ie sich als Druckwelle angenähert mit der Schallesschwindigkeit c durch den Tunnel fortpflanzt. Die uft weicht nach hinten mit der Geschwindigkeit v_1 bei inem Drucke p_1 aus, wäherend sie vor dem Zuge mit der eschwindigkeit v_2 beim Drucke p_2 strömt, Abb. 1. Mit p_0 soll der Druck der ruhenden Luft, mit F der Querchnitt des Zuges, mit F_0 der des Tunnels und mit α as Verhältnis $\frac{F}{F_0}$ bezeichnet werden.

Aus der Kontinuität folgt, daß die bei der Gechwindigkeit v von dem Zuge verdrängte Luft gleich er nach vorn und hinten ausweichenden sein muß:

$$v F = v_1 (F_0 - F) + v_2 F_0$$

der

$$v \alpha = v_1 (1 - \alpha) + v_2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1).$$

ie Änderung der Luftdichte ϱ kann hier vernachlässigt erden, jedoch ist die durch die Verdichtungswelle überihrte Luftmasse zu berücksichtigen, die von der „Nachtromgeschwindigkeit" v_2 ausgeglichen werden muß:

$$v_2 \varrho_2 = c\,(\varrho_2 - \varrho_0).$$

ach dem Adiabatengesetz

$$\frac{\mathrm{d} \ln p}{\mathrm{d} \ln \varrho} = k$$

olgt angenähert

$$\frac{\varrho_2 - \varrho_0}{\varrho_2} = \frac{1}{k} \frac{p_2 - p_0}{p_2},$$

lso

$$v_2 = \frac{c}{k} \frac{p_2 - p_0}{p_2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (2).$$

äufig wird es genügen, angenähert

$$v_2 = \frac{c}{k} \frac{p_2 - p_0}{p_0}$$

u setzen. Um eine weitere Aussage zu gewinnen, enden wir, indem wir zunächst verlustfreie Strömung annehmen, die Bernoullische Gleichung auf ein mit dem Zuge fest verbundenes Bezugsystem an, Abb. 2:

$$p_2 - p_1 = \frac{\varrho}{2} \left[(v + v_1)^2 - (v - v_2)^2 \right]$$

$$p_2 - p_1 = \frac{\varrho}{2} \left[v_1^2 - v_2^2 + 2 v (v_1 + v_2) \right] \quad . \; . \; (3).$$

Um den Stoß beim Eintritt in den Tunnel zu mildern, war eine keilförmige Erweiterung des Tunnelmundes durch Hinausrücken der Seitenwände vorgesehen. Es war zu erwarten, daß durch diese Form ein Teil der kinetischen Energie der aus dem Tunnelmund ausströmenden Luft wiedergewonnen und dadurch der Widerstand des Zuges verringert würde. Der Tunnel erweitert sich beim Eingang also auf den Querschnitt F_0', γ bedeute das Verhältnis $\frac{F_0 - F}{F_0' - F}$, dann ist die Geschwindigkeit im Tunneleingang γv_1, Abb. 3. Mit η als Wirkungsgrad dieses Diffusors ist bei einem fest mit dem Tunnel verbundenen Bezugsystem

$$p_1 - p_0 = \eta\,(\gamma^2 - 1) \frac{\varrho\, v_1^2}{2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (4).$$

Die Verwendung zweier verschiedener Bezugsysteme in (3) und (4) ist deswegen gestattet, weil der beiden Gleichungen gemeinsame Druck p_1 zu einer gleichmäßigen Parallelströmung gehört, die in beiden Systemen eine stationäre Strömung darstellt. Mit Gl. (1) bis (4) haben wir vier Gleichungen für die vier Unbekannten v_1, p_1, v_2, p_2 gewonnen.

Den Widerstand W des Zuges erhält man für die geschilderten Zustände leicht aus dem Impulssatz. Denkt man sich die Kontrollfläche starr am Zuge befestigt, Abb. 4, so ergibt sich

$$F_0 \left[p_2 + \varrho (v - v_2)^2 \right] = (F_0 - F) \left[p_1 + \varrho (v + v_1)^2 \right] + F p_0 + W$$

Nach Gl. (1) ist

$$v - v_2 = (1 - \alpha)(v + v_1),$$

also

$$F_0 (v - v_2) = (F_0 - F)(v + v_1)$$

und

$$F_0 (p_2 - p_1) + F (p_1 - p_0) = F_0\, \varrho\, (v - v_2)(v_1 + v_2) + W \; (5).$$

Der Widerstand würde sich nach den bisherigen Ansätzen deshalb zu klein ergeben, weil Gl. (3) für den Druckunterschied $p_2 - p_1$ nur für verlustfreie Strömung

Abb. 4 Übersichtsbild zur Ermittlung des Widerstandes bei der Einfahrt des Zuges in den Tunnel

Abb. 1. Einfahrt des Zuges in den Tunnel (mit dem Tunnel fest verbundenes Bezugsystem)

Abb. 2. Einfahrt des Zuges in den Tunnel (mit dem Zuge fest verbundenes Bezugsystem)

Abb. 3. Einfahrt des Zuges in den Tunnel bei keilförmiger Erweiterung der Tunnelmündung

Abb. 5. Übersichtsbild zum Modellversuch

gilt. Infolge der Verluste durch Wirbelbildung usw. tritt ein zusätzlicher Widerstand W' auf, oder anders ausgedrückt, der Druckabfall $p_2 - p_1$ wird größer, und zwar, wie aus Gl. (5) hervorgeht, um $\frac{W'}{F_0}$, so daß Gl. (3) lauten muß:

$$p_2 - p_1 = \frac{\varrho}{2}\,[(v + v_1)^2 - (v - v_2)^2] + \frac{W'}{F_0} \quad . \; . \; . \quad (3).$$

Im folgenden wird diese Gleichung stets verwendet werden. Bei Berücksichtigung der Verluste in dieser Form kann man natürlich den Widerstand nur abschätzen. Aus Gl. (1) bis (5) läßt sich der Widerstand W berechnen, wobei als Erfahrungswerte η und W' eingehen. Die Ermittlung dieser Größen aus einem Anblaseversuch soll im folgenden beschrieben werden.

Bestimmung der Erfahrungswerte aus einem Modellversuch

Die Luft wurde von einem Lüfter durch den Tunnel gegen das Zugmodell, das nahe dem Tunnelboden an einem Gestell außerhalb des Tunnels hing, geblasen. Die Aufhängevorrichtung war durch zwei kleine Öffnungen in der Tunneldecke geführt. Der Widerstand des Modells wurde in der bei solchen Versuchen üblichen Weise gewogen. Die Versuche sind von Dipl.-Ing. Langer ausgeführt. Einen Bericht hierüber findet man in der dritten Lieferung der Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt[1]).

Die Anblasegeschwindigkeit sei w, der zugehörige Druck p, an den Längsseiten des Zuges ströme die Luft mit der Geschwindigkeit w_1 bei dem Drucke p_1, Abb. 5. Aus der Kontinuität folgt:

$$w\,F_0 = w_1\,(F_0 - F)$$

oder

$$w = w_1\,(1 - \alpha) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6).$$

Die Energiegleichung liefert unter Berücksichtigung der Verluste

$$p - p_1 = \frac{\varrho}{2}\,(w_1^2 - w^2) + \frac{W'}{F_0} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (7).$$

Bei Aufweitung des Tunnels erhält man

$$p_1 - p_0 = \frac{\eta\,\varrho\,w_1^2}{2}\,(\gamma^2 - 1) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8).$$

Die drei Gleichungen (6) bis (8) bestimmen die Unbekannten w_1, p_1 und p. Der Widerstand ergibt sich aus dem Impulssatz, indem man die Kontrollfläche nach Abb. 5 abgrenzt.

$$F_0\,(p + \varrho\,w^2) = (F_0 - F)\,(p_1 + \varrho\,w_1^2) + F\,p_0 + W$$

oder

$$F_0\,(p - p_1) + F\,(p_1 - p_0) = F_0\,\varrho\,w\,(w_1 - w) + W \quad (9).$$

Aus Gl. (6) bis (9) ergibt sich der Widerstand

$$\frac{W}{F} = \varrho\,\frac{w^2}{2}\,\frac{1}{(1-\alpha)^2}\,[\alpha - (1 - \gamma^2)\,\eta] + \frac{W'}{F}$$

oder, wenn man den Widerstandsbeiwert in der üblichen Weise definiert,

$$c_w = \frac{\alpha + (\gamma^2 - 1)\,\eta}{(1 - \alpha)^2} + c_{w'} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (10),$$

wobei

$$c_{w'} = \frac{W'}{F\,\varrho\,\frac{w^2}{2}}$$

ist.

[1]) Erscheint 1927 bei R. Oldenbourg, München.

Abb. 6. Fahrt des Zuges im Innern des Tunnels

Indem man den Versuch zuerst ohne erweiterte Tunnelmündung ($\gamma = 1$) ausführt, läßt sich zunächst $c_{w'}$ aus den gemessenen Widerstandsbeiwerten c_w ermitteln, und, wenn man den Versuch mit keilförmiger Aufweitung des Tunnelmundes unter sonst entsprechenden Verhältnissen wiederholt, leicht auch η. Damit sich die Verhältnisse entsprechen, muß der Kopf des Zuges bei beiden Versuchen gleich weit in den geraden Teil des Tunnels hineinragen.

Berechnung des wirklichen Zugwiderstandes

Die zur Berechnung des Zugwiderstandes aus (1) bis (5) noch notwendigen Größen η und W' lassen sich nun leicht bestimmen. η ist nach vorstehendem unmittelbar gegeben. W' ergibt sich, wenn man berücksichtigt, daß die Luft mit der Geschwindigkeit $v - v_2$ gegen den Zug strömt, zu

$$W' = \frac{F\,\varrho}{2}\,(v - v_2)^2\,c_{w'} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11)$$

Es ist zweckmäßig, alle unbekannten Größen durch v_1 auszudrücken und

$$1 + (1 - \alpha)^2\,(c_{w'} - 1) = A$$

zu setzen. Nach Gl. (1), (2) und (4) erhält man

$$v_2 = v\,\alpha - v_1\,(1 - \alpha)\,,$$

$$p_2 - p_0 = \frac{p_0\,k}{c}\,[v\,\alpha - v_1\,(1 - \alpha)]\,,$$

$$p_1 - p_0 = \eta\,(\gamma^2 - 1)\,\frac{\varrho\,v_1^2}{2}\,.$$

Zur Nachprüfung verwendet man die Beziehung

$$p_2 - p_0 = \frac{\varrho}{2}\,[(v + v_1)^2\,A + \eta\,(\gamma^2 - 1)\,v_1^2].$$

Schließlich ist

$$\frac{W}{F\,\frac{\varrho}{2}} = (v + v_1)^2\,[\alpha + (1 - \alpha)^2\,c_{w'}] + \eta\,(\gamma^2 - 1)\,v_1^2 \quad (12).$$

Für die einzige Unbekannte v_1 hat man die Gleichung

$$v_1^2\,[A + \eta\,(\gamma^2 - 1)] + 2\,v_1\left[A\,v + \frac{1 - \alpha}{\varrho\,c}\,p_0\,k\right] + v^2\,A - v\,\alpha\,\frac{2\,p_0\,k}{\varrho\,c} = 0 \quad (13).$$

v_1 berechnet man hiernach am besten wie folgt: man setzt das in v_1 quadratische Glied zunächst gleich 0 und erhält daraus eine erste Näherung, aus der man das quadratische Glied berechnet, und ermittelt aus der so entstandenen neuen linearen Gleichung eine zweite Näherung usw. Man vermeidet hierdurch die Notwendigkeit, den Unterschied zweier großen Zahlen zu bilden. Der so bestimmte Widerstand bleibt nur während einer gewissen Zeit bestehen. Die vor dem Zug erzeugte Druckwelle wird nämlich am offenen Ende des Tunnels zurückgeworfen und läuft als Verdünnungswelle rückwärts. Bis zum Augenblick des Wiedereintreffens dieser Welle am Zuge besteht nun ein gleichmäßiger Widerstand, der oben berechnet wurde; von da ab sinkt der Widerstand, bis er nach mehrfacher Pendelung den stationären Wert, der im folgenden Abschnitt berechnet wird, erreicht.

Für die Rechnungen ist $p_0 = 10\,333\ \mathrm{kg/m^2}$, die Dichte $\varrho = 0{,}13$, $c = 331{,}4\ \mathrm{m/s}$ und $k = 1{,}4$ angenommen.

Fahrt im Innern des Tunnels

Angenommen sei, daß der Zug im Innern des Tunnels mit der Geschwindigkeit v fährt und sich ein stationärer Strömungszustand herausgebildet hat. Vor dem Zug herrscht der Druck p', hinter ihm der Druck p''; der

Abb. 7 und 8 Das untersuchte Modell mit seinen hauptsächlichen Abmessungen

ruckunterschied $p' - p''$ dient dazu, die unveränderliche achstromgeschwindigkeit v' durch den ganzen Tunnel ufrechtzuerhalten, Abb. 6. Damit die ganze Betrachtung nnvoll bleibt, muß der Tunnel natürlich genügend ng sein.

Aus einer einfachen Impulsbetrachtung ergibt sich r Widerstand des Zuges zu

$$W = F_0 (p' - p'') \quad \ldots \ldots \quad (14).$$

t der Widerstandsbeiwert, der sich aus den Anblasersuchen mit dem im Innern des Tunnels hängenden odell ergibt, $\overline{c_w}$, so ist anderseits

$$W = \overline{c_w} \frac{F \varrho}{2} (v - v')^2 \quad \ldots \ldots \quad (15);$$

nn die Luft strömt gegen den Zug mit der Geschwindigkeit $v - v'$. Von dem Druckgefälle $p' - p''$ wird der Bemg $\varrho \frac{v'^2}{2}$ verbraucht, um die Luft am Eingang des Tunnels in Bewegung zu setzen, der Rest dient dazu, die Strömungswiderstände zu überwinden, die den Druckgefall $\lambda \frac{L - l}{R} \varrho \frac{v'^2}{2}$ erfordern; λ soll die Widerstandzahl es Tunnels, bezogen auf seinen hydraulischen Halbmesser R (= Querschnitt : Umfang) sein, l ist die Länge es Zuges, L die des Tunnels. Es gilt also

$$\left(1 + \lambda \frac{L - l}{R}\right) \varrho \frac{v'^2}{2} = p' - p'' \quad \ldots \ldots \quad (16).$$

Aus diesen Gleichungen kann man $p' - p''$, v' und W errechnen. Setzt man

$$1 + \lambda \frac{L - l}{R} = b,$$

so ist

$$v' = \frac{-\overline{c_w}\, a + \sqrt{b \cdot \overline{c_w}\, a}}{b - \overline{c_w}\, a} v.$$

und W ergibt sich nach Gl. (15). Für λ ist im folgenden der Wert $3{,}3 \cdot 10^{-3}$ eingesetzt, der glattem Mauerwerk entspricht.

Rechenergebnisse

Die Rechnung ist für zwei verschiedene Abmessungen des rechteckigen Tunnelquerschnittes durchgeführt worden. Der Zug bestand immer aus einem enggekoppelten Doppelwagen von 42,5 m Länge. Abb. 7 und 8 enthalten die Maße des untersuchten Modelles in mm, das gegenüber dem wirklichen Zug im Maßstab 1 : 25 verkleinert war. Die strichpunktierten Linien deuten den Gerätekasten und die Haube an; die im folgenden zugrunde gelegten Zahlen beziehen sich auf Messungen mit Gerätekasten und Haube.

A. Tunnel 4,5 m breit, 5,04 m hoch, 770 m lang.

a) Einfahrt des mit 98 km/h = 27,2 m/s fahrenden Zuges in den Tunnel. Die Widerstände sind während dessen gleichmäßig wirksam. Aus den Versuchen ergibt sich $c_{w'} = 0{,}78$.

1. Bei gleichbleibendem Tunnelquerschnitt werden der Überdruck vor dem Zuge $p_2 - p_0 = 137$ kg/m², die Geschwindigkeiten $v_1 = 19{,}5$ m/s, $v_2 = 3{,}2$ m/s und $W = 1080$ kg.

2. Bei Erweiterung der Tunnelmündung auf 6,5 m Breite und einer keilförmigen Erweiterung von 7,5 m Länge werden nach den Versuchen $\eta = 0{,}755$ bei $\gamma = 0{,}538$ und $W = 960$ kg.

3. Bei Erweiterung der Tunnelmündung auf 8,5 m Breite und einer Länge der keilförmigen Erweiterung von 16 m wird der Diffusorwirkungsgrad η bereits etwas schlechter: $\eta = 0{,}69$, $\gamma = 0{,}367$, $W = 950$ kg.

b) Fahrt des Zuges im Innern des Tunnels mit 98 km/h Geschwindigkeit: $W = 690$ kg.

Die Geschwindigkeit des Tunnelwindes v' beträgt 12,8 m/s, der Druckunterschied $p' - p''$ 30,4 kg/m².

B. Tunnel 4 m breit, 5,04 m hoch.

a) Einfahrt des mit 100 km/h = 27,8 m/s fahrenden Zuges. Die Versuche ergaben $c_{w'} = 0{,}96$.

1. Bei gleichbleibendem Querschnitt werden der Überdruck $p_2 - p_0 = 175$ kg/m², die Geschwindigkeiten $v_1 = 24{,}6$ m/s, $v_2 = 3{,}95$ m/s und $W = 1455$ kg.

2. Bei Erweiterung der Tunnelmündung auf 6 m Breite und einer keilförmigen Erweiterung von 7,5 m Länge werden $\eta = 0{,}722$ bei $\gamma = 0.476$ und $W = 1230$ kg.

3. Bei Erweiterung der Tunnelmündung auf 8 m Breite und 16 m Länge der keilförmigen Erweiterung hat sich der Diffusorwirkungsgrad wieder etwas verschlechtert: $\eta = 0{,}61$, $\gamma = 0{,}313$ und $W = 1240$ kg.

Beachtenswert erscheint an diesen Ergebnissen vor allem der verhältnismäßig geringe Einfluß der keilförmigen Erweiterung, deren Wirkung außerdem nachläßt, sobald die Erweiterung eine gewisse Größe überschritten hat. Zum Vergleich sei der Widerstand eines mit 100 km/h Geschwindigkeit fahrenden Zuges auf freier Strecke angegeben. Bei Windstille ist $W = 230$ kg, ist also drei- bis sechsmal kleiner als im Tunnel, wobei der schmale Tunnel größere Werte als der breite liefert.

Außerdem ist der stationäre Zugwiderstand, für den unter A b) schon ein zahlenmäßiges Beispiel gegeben war, in seiner Abhängigkeit von der Tunnellänge für beide Tunnel untersucht worden. Wenn man den Widerstand W in kg und die Zuggeschwindigkeit v in m/s mißt,

Abb. 9. Zugwiderstand in Abhängigkeit von der Zuggeschwindigkeit bei Fahrt eines Zuges durch einen Tunnel verschiedener Breite und Länge

Abb. 10. Festlegung der Stromlinien bei der Begegnung zweier Züge im Tunnel

Abb. 11. Strömungsnetz bei Fahrt eines Zuges im Tunnel

Abb. 12

Abb. 13

Abb. 14

Abb. 15

Abb. 12 bis 15. Strömungsnetz bei der Begegnung zweier Züge im Tunnel

so erhält man beim Tunnel von 4,5 m Breite, 5,04 m Höhe und $L = 1$ km Tunnellänge $W = 0{,}958\, v^2$ und den Tunnelwind $v' = 0{,}429\, v$; für $L = 5$ km werden $W = 1{,}551\, v^2$ und $v' = 0{,}273\, v$ und schließlich bei unendlicher Tunnellänge $W = 2{,}935\, v^2$, $v' = 0$. Für den schmalen Tunnel von 4 m Breite, 5,04 m Höhe sind die entsprechenden Werte für $L = 1$ km, $W = 1{,}06\, v^2$ und $v' = 0{,}471\, v$; für $L = 5$ km, $W = 1{,}83\, v^2$ und $v' = 0{,}304\, v$; für $L = \infty$, $W = 3{,}78\, v^2$ und $v' = 0$.

In Abb. 9 ist der Zugwiderstand in Abhängigkeit von der Zuggeschwindigkeit in km/h für diese Fälle aufgetragen worden.

Druckverlauf in einem Tunnel bei zwei sich begegnenden Zügen

In zweiter Linie tauchte die Frage nach der Größe der Luftdrücke auf, die zwei Züge bei ihrer Begegnung in einem Tunnel gegenseitig auf ihre Wagenköpfe ausüben. Da diese Frage durch Versuche schwer zu klären war, wurde sie rechnerisch gelöst. Die Drücke in den betrachteten Teilen lassen sich nämlich mit genügender Annäherung aus der Potentialströmung bestimmen. Um eine Lösung dieser Frage zu ermöglichen, muß man aber noch von der räumlichen zur ebenen Strömung übergehen. Man nimmt also an, daß die Wagen mit gleichem Profil vom Boden bis zur Decke des Tunnels reichen. Den Umstand, daß in Wirklichkeit die Luft zu beiden Seiten des Wagens mit der über und unter dem Wagen in Verbindung steht, berücksichtigt man dadurch, daß man auf den Längsseiten des Zuges im Gebiete gleichförmiger Parallelströmung denselben Druck vorschreibt.

Die Abmessungen der Züge sind im vorhergehenden Abschnitt angegeben. Die Breite des Tunnels betrug 8,40 m, die größte Breite des Wagens 3,10 m, der Abstand der Wagenseitenwände von den Tunnelwänden 4,25 m und 0,45 m.

1. Die Stellung der beiden Wagen zueinander ändert sich im Laufe der Zeit. Die gesuchte Potentialströmung ist daher nicht stationär. Das Strömungspotential im raumfesten, mit dem Tunnel verbundenen Bezugsystem sei Φ, so daß die Geschwindigkeit in der x-Richtung (Bewegungsrichtung des einen Wagens) $\frac{\partial \Phi}{\partial x}$ ist. Den Druckunterschied zwischen zwei raumfesten Punkten 1 und 2 erhält man dann aus der Formel

$$\frac{p_2 - p_1}{\varrho} = \frac{\partial (\Phi_1 - \Phi_2)}{\partial t} + \frac{1}{2}(v_1^2 - v_2^2) \quad . \;. \;. \; (17);$$

v bedeutet den Betrag der Geschwindigkeit im raumfesten System. (Mit v ohne Zeiger wird im folgenden die Zuggeschwindigkeit bezeichnet.) Der Druckunterschied zwischen zwei wagenfesten Punkten ist

$$\frac{p_2 - p_1}{\varrho} = \frac{\partial (\Phi_1 - \Phi_2)}{\partial t} + \frac{1}{2}(w_1^2 - w_2^2) \quad . \;. \; (18).$$

Φ hat dieselbe Bedeutung wie vorher; denn das Strö mungspotential ändert sich beim Übergang vom raum festen zum wagenfesten Bezugsystem nur um die additive von der Zeit unabhängige Größe $-v\,x$, wenn, wie im folgenden stets, die Zuggeschwindigkeit gleichförmig ist w ist der Betrag der Geschwindigkeit relativ zum Wagen

Der Zeiger 1 wird im folgenden immer der Parallel strömung zugeordnet.

2. Um den zeitlichen Verlauf von Φ, v und w zu be stimmen, zeichnen wir das Strömungsnetz im raumfesten System für verschiedene Zeiten, d. h. für verschiedene Wagenstellungen. Dabei sind folgende Bedingungen zu berücksichtigen: Einmal soll der Druck und damit auch die Geschwindigkeit auf den Längsseiten in genügen dem Abstand vom Wagenkopf im Gebiet gleichförmige Parallelströmung beiderseits gleich sein. Die Strom linien erhält man hier, indem man das vom Wagen frei gelassene Gebiet in eine Anzahl gleicher Teile, etwa 8 teilt, Abb. 10. Jede Stromlinie mit einem bestimmten Zeiger tritt dabei wegen der Symmetrie des ganzen Bildes, die man durch Spiegelung an zwei zueinande senkrechten Achsen erhält, zweimal auf.

Die Auftreffpunkte der so festgelegten Stromlinien am Wagenkopf lassen sich leicht bestimmen. Aus de Kontinuität ist nämlich die Geschwindigkeit normal zu den Wänden bekannt; sie ist gleich der Normalkompo nente der Zuggeschwindigkeit. Das Produkt aus diese Normalgeschwindigkeit und dem Abstand der Auftreff punkte, gemessen längs der Wand, ist der Strommeng verhältnisgleich, muß also überall gleich sein, ode anders: der zur x-Achse normale Abstand der Auftreff punkte der Stromlinien muß gleich, also hier gleich der achten Teil der Wagenbreite sein. Außerdem weiß ma noch, daß der Symmetriepunkt der ganzen Strömung S d. i. der Punkt in der Mitte zwischen den Tunnelwände und den Wagenköpfen, ein Staupunkt ist. Zu diesen Be dingungen zeichnet man die passenden Strömungsnetz in schrittweiser Näherung, bis die quadratische Form de Maschen erreicht ist, wobei man zur Konstruktion di Eigenschaften der Maschendiagonalen berücksichtigt, di ebenfalls ein quadratisches Netz ergeben müssen. Die ir folgenden aus den einzelnen Strömungsbildern ermittelte Größen müssen stetig verlaufen. Die Stromlinienbilde sind insgesamt für neun verschiedene Stellungen de Wagen zueinander gezeichnet worden, so daß zwische den hier veröffentlichten Abbildungen 11 bis 15 wenig stens noch je ein Bild lag.

3. Der Druckunterschied soll zunächst wegen der be sonderen Einfachheit zwischen dem Symmetriepunkt de Strömung S und der Parallelströmung an der Längsseit des Zuges, dann zwischen Punkten am Wagenkopf un wiederum der Parallelströmung bestimmt werden. Man ha nach Gl. (17) bzw. (18) den Potentialunterschied zwische

Abb. 16
omponentenzerlegung
ler Geschwindigkeit
ın der Wagenwand

zwei raumfesten Punkten, nämlich S und einem Punkt im Gebiet 1), dann zwischen zwei wagenfesten Punkten (am Wagenkopf und in der Parallelströmung gelegen) zu bilden. Zu diesem Zweck zählt man in den einzelnen Blättern den Potentialunterschied zwischen den raumfesten oder wagenfesten Punkten in den durch die Maschen des Netzes festgelegten Einheiten ab und trägt sie als Funktion der von dem einen Zuge zurückgelegten Strecke auf, die der Zeit verhältnisgleich ist. Um $\frac{\partial \Phi}{\partial t}$ zu erhalten, werden diese Kurven zeichnerisch differenziert. Das Maß bestimmt man in folgender Weise: Wenn α das Verhältnis ›r Wagenbreite zur Tunnelbreite b ist, so ist die eichförmige Rückwärtsgeschwindigkeit der Luft nach ›r Kontinuität

$$v_1 = \frac{\alpha}{1-\alpha} v.$$

st in diesem Gebiet der Abstand der Potentiallinien einer asche βb, so besteht zwischen zwei Potentiallinien einer liebigen Masche also in Wirklichkeit der überall gleiche otentialunterschied $\frac{\alpha}{1-\alpha} v \beta b$. Wenn ferner γb die on dem einen Zuge zurückgelegte Entfernung ist, so ist e dazu erforderliche Zeit $\frac{\gamma b}{v}$. Die Relativgeschwindigkeit w_2 hält man durch vektoriellen Abzug der Zuggeschwindigeit v von der Absolutgeschwindigkeit v_2. Da man weiß, ıß nach der Kontinuität w_2 tangential zu den Wänden uft, braucht man von der Absolutgeschwindigkeit v_2 ur die Richtung zu kennen. Wenn die Wagenwand mit ›r Normalen zur x-Achse den Winkel φ und diese mit ›r Absolutgeschwindigkeit den Winkel ψ einschließt, bb. 16, so erhält man

$$w_2 = \frac{v}{\sin \varphi + \operatorname{tg} \psi \cos \varphi}.$$

ψ läßt sich unmittelbar abgreifen, so daß man w_2 einch erhält. Damit sind alle notwendigen Größen bekannt.

4. Abb. 17 und 18 und 19 bis 25 zeigen erstens den nterschied des Druckes p_s in S und des Druckes p_1, weitens den Unterschied des Druckes p in sechs in bb. 19 gekennzeichneten Punkten des Wagenkopfes und iederum des Druckes p_1 an der Längsseite des Zuges. ie Abszisse in den Diagrammen ist der Abstand der beiden Wagenköpfe e (in m). e ist positiv nach, negativ vor der Vorüberfahrt der beiden Wagenköpfe aneinander gerechnet; bei $e = 0$ befinden sich die beiden Züge also mit ihren Köpfen auf gleicher Höhe.

Leicht lassen sich zwei asymptotische Gesetze für den Druckverlauf ableiten, die angenähert gelten. Zu Anfang der Bewegung, bei sehr großem Abstand der Wagen wird sich das Strömungsbild, vom Wagen aus betrachtet, sehr wenig ändern, da der Einfluß der Stellungsänderung verschwindend gering ist. Also wird bei zwei wagenfesten Punkten $\frac{\partial \Phi}{\partial t} = 0$. Weil die Strömung asymptotisch in die um einen einzelnen Zug übergeht, ist das Strömungsbild um einen solchen gezeichnet, Abb. 11; aus dieser Abbildung läßt sich der asymptotische Wert von w und damit der zugehörige Druckverlauf bestimmen. Der Potentialunterschied zwischen S und der Parallelströmung ändert sich hierbei nur dadurch, daß die Zone der gleichförmigen Parallelströmung mit der Geschwindigkeit v nach vorn rückt. Die Geschwindigkeit der Parallelströmung ist v_1; demnach ist die zeitliche Änderung des Potentialunterschiedes in diesem Falle

$$\frac{\partial (\Phi_1 - \Phi_S)}{\partial t} = v\, v_1.$$

In späteren Stellungen, wenn die Wagen aneinander vorbeifahren, kommt die Luft in dem Zwischenraum zwischen den Wagen zur Ruhe, der Potentialabfall wird hier annähernd 0, Abb. 14 und 15, so daß die Potentialänderung zwischen S und der Parallelströmung dadurch zustande kommt, daß die Zone, in der die Geschwindigkeit v_1 herrscht, sich in der Zeiteinheit um die Strecke v verkürzt. Die zeitliche Änderung des Potentialunterschiedes wird also $-v\, v_1$. Zwischen zwei wagenfesten Punkten ändert sich unter entsprechenden Verhältnissen der Potentialunterschied in der Zeiteinheit um $-2\, v\, v_1$.

Die zweite Asymptote wird, wie die Abbildungen zeigen, rascher erreicht als die erste. Diese ist gestrichelt eingetragen. Die Drücke sind dimensionslos, in Bruchteilen des Staudruckes $q = \varrho \frac{v^2}{2}$ angegeben.

Meinem hochverehrten Lehrer, Prof. Prandtl, danke ich für vielfachen Rat bei der Fertigstellung dieser Arbeit. [B 2102]

Abb. 17. Druckverlauf im Symmetriepunkt S der Strömung

Abb. 18 Stellung der Wagenköpfe zum Symmetriepunkt

Abb. 19. Lage der Punkte des Wagenkopfes, für die der Druck in Abb. 20 bis 25 angegeben ist

Abb. 20 bis 25. Druckverlauf an verschiedenen Punkten des Wagenkopfes

Abb. 2 (links)
Mittlerer Hohlkastenträger eines Flügels, an den mittels Scharniere vorn Nasenrippenkasten, hinten Endrippenkasten angesetzt werden

Abb. 4. Hohlkastenträger mit aufgeklappten Nasen- und Endrippenkasten; vorn wird das Endstück angesetzt. Werkstoff Duralumin, Verbindungsteile Chromnickelstahl

Abb. 3. Flügelstoß zur Befestigung am Rumpf; Verbindungsteile aus Chromnickelstahl

Abb. 7. Befestigung der seitlichen Motoren an den Flügeln mit Duraluminrüst

Abb. 5. Inneres des Rumpfes im Bau; in der Mitte zwei verstärkte Spanten für die Befestigung der Flügel

RUNDSCHAU

Abb. 1. Gesamtansicht des dreimotorigen Flugzeuges Rohrbach-Roland Ro VIII

Luftfahrt

las Rohrbach-Verkehrsflugzeug Ro VIII

Das von der Firma Rohrbach-Metallflugzeug G. m. b. H. i Berlin gebaute dreimotorige Flugzeug Rohrbach-Roland, VIII, Abb. 1, das die Deutsche Luft-Hansa, A.-G., Berlin, de 1926 in den regelmäßigen Luftverkehr eingestellt hat, ein halb freitragender Hochdecker mit V-Stellung der ügel. Als Werkstoff für Rumpf und Flügel diente Durmin in Platten und offenen Profilen; die Verbindungsle zwischen Rumpf und Flügel und zwischen den einnen Hauptteilen der Flügel bestehen aus Chromnickelhl. Infolge der Verwendung offener Profile sind sämthe Nietköpfe von beiden Seiten leicht nachprüfbar.

Die Flügel sind in Richtung der Flugzeuglängsachse teilt. Den Hauptteil bildet ein über die ganze Flügelnge durchlaufender Hohlkastenträger, Abb. 2 und 3. Er steht aus zwei Fachwerkstegen und einer Anzahl Querndblechen; die Längs- und Querwandstege sind an der ügel-Ober- und -Unterseite durch Winkel mit der tragenn Außenhaut vernietet. An den Hohlkastenträgern sind rn Nasenrippenkasten, hinten Endrippenkasten, die zum il als Benzinbehälter dienen, mittels Scharniere angesetzt. der Rippenkasten kann also zur Besichtigung des Flügelneren aufgeklappt werden, Abb. 4.

Das Leitwerk ist wie die Flügel hergestellt; auch hier nd daher sämtliche Teile im Innern leicht zugänglich. nterhalb der beiden Flügel ist je ein Abfangkabel anordnet. Bei 26 m Spannweite, 88 m² Flügelfläche und 50 kg Vollgewicht des Flugzeuges beträgt die Flächenlastung 69,3 kg/m² und das Seitenverhältnis, bezogen auf e mittlere Flügeltiefe, 1 : 7,7.

Den Rumpf versteifen Spanten von rechteckigem Querhnitt mit stark abgerundeten Oberkanten, Abb. 5. Zwei n ihnen, die im Bereich des Fluggastraumes liegen, sind r die Befestigung der Flügel besonders stark ausgebildet. e außenliegenden Flansche der Spanten sind auf ihrer nzen Länge mit der Außenhaut vernietet. In den Rumpfken sitzen kräftige, mit der Außenhaut vernietete Hohliger.

Die Gestaltung des Fahrgestelles weicht von andern nstruktionen ab. Es hat zwei Drahtspeichen-Laufräder t Stahlfelgen und 1250/250 mm-Bereifung. Je drei tropfenrmig verkleidete Stahlrohrstreben halten die Räder in rer Lage. Zwei von diesen Streben, die annähernd wagecht liegen und von denen die hintere die Radachse bildet, d an der Unterkante des Rumpfes gelenkig befestigt. Die itte, senkrechte Strebe stützt das Rad gegen eine verirkte Stelle des Flügels ab. Sie besteht aus Teleskophren, die eine Schraubenfeder ohne Vorspannung entlten. Räder und Fahrgestell landen daher gewisserßen zuerst allein, während das übrige Flugzeug noch rüber schwebt. In dem Maße, wie die Geschwindigkeit nimmt, tragen die Flügel immer weniger und geht die st ohne wesentliche Stöße von der Luft auf Räder und den über. Das Flugzeug hat bei einer Landegeschwinkeit von 100 km/h = 28 m/s infolge der besonderen Baut des Fahrgestells einen geringen Auslauf[1]).

Im vorderen Teil des Rumpfes, Abb. 6, sind die beiden ihrersitze eingebaut. Jeder Führer verfügt über eine festngebaute mit der des andern gekuppelte Steuerung, die rch Gestänge mit dem Leitwerk verbunden ist. Verserhebel und Zündschalter können gleichzeitig oder nachnander betätigt werden. Für jeden Motor dienen besondere Meßgeräte. Der Fluggastraum bietet bei 5 m Länge, 1,55 m Breite und 1,8 m Höhe sehr bequem für zehn Personen Platz. Hinter dem Fluggastraum liegen Abort, Waschraum und Gepäckraum.

Abb. 6. Führerraum

a Gyrorektor		*i* Benzindruckmesser	
b Kompaß		*k* Drosselhebel für Normalgas	
c Höhenmesser		*l* „ „ Höhengas	
d Geschwindigkeitsmesser		*m* Düsenverstellung	
e Umlaufzähler		*n* Zündung	
f Kühlwasserthermometer		*o* Hebel für Kühlerabdeckung	(mittlerer Motor)
g Oeldruckmesser			
h Benzinstandmesser		*p* Feuerhahn	

Die Motoranlage bilden drei wassergekühlte Motoren der Bayerischen Motorenwerke (BMW IV) von je 230 PS. Der mittlere Motor ist vorn im Rumpf eingebaut, während die beiden seitlichen unter dem Flügel auf zwei Duralumintrāgern, Abb. 7, sitzen. Die Kühler der Motoren können durch Stabklappen vom Führersitz aus abgedeckt werden; zwei sind seitlich unter den Flügeln, der des mittleren Motors ist unter dem Rumpf angeordnet. Aus den in den Flügeln eingebauten Behältern wird der Brennstoff durch Pumpen jedem Motor gesondert zugeführt. Die Schaltanlage gestattet, daß bei Ausfall einer Leitung oder einer Pumpe der Motor Brennstoff durch Umschaltung auf irgendeinen andern Behälter erhält. Gestänge führen von den Schaltanlagen im Führerraum zu den einzelnen Motoren.

[N 70] Gossow

Brückenbau

Die neue Eisenbahn-Elbbrücke bei Meißen

Zur Beseitigung der schienengleichen Straßenübergänge in der Umgebung des gegenwärtig im Umbau begriffenen Bahnhofs Meißen mußte man die Gleise um rd. 3 m heben, wobei auch die nahe an den Bahnhof anstoßende Elbbrücke um das gleiche Maß erhöht werden mußte. Die alte, 1868 von J. P. Harkort, Duisburg, erbaute Eisenbahn-Elbbrücke bestand aus zwei eingleisigen Überbauten mit untenliegender Fahrbahn, die mit Hilfe von zwei Strom- und zwei Uferpfeilern den Strom überspannten. Ihre Hauptträger waren

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 593.

Abb. 8. Die neue Eisenbahn-Elbbrücke bei Meißen, vom rechten Elbufer gesehen

Abb. 9. Blick auf die Brücke bei Aufstellung des Überbaues für das linke Gleis mit der als Rüstung benutzten alten Brücke (rechts) und dem fertigen rechten Gleisträger (links)

in den drei Hauptöffnungen als Halbparabelträger von 54,61 m Stützweite, in den zwei linksufrigen und der rechtsufrigen Landöffnung als Parallelträger von 21 m Stützweite ausgebildet. Da eine durchgreifende, den künftigen Verkehrslasten entsprechende Verstärkung der alten Eisenüberbauten unmöglich war, mußte man sich zu einem vollständigen Neubau der Brücke entschließen, bei dem nur die alten Pfeiler wiederverwendet werden konnten. Das nunmehr entstandene Brückenbild, Abb. 8, ist im wesentlichen dem als künstlerischen Beirat hinzugezogenen Prof. Dr. Tessenow von der Kunstakademie Dresden zu danken.

Die neue Brücke[1]) besteht aus zwei eingleisigen Überbauten; an dem einen ist noch ein 3,5 m breiter Gangsteg für den öffentlichen Fußverkehr angesetzt. Die Hauptträger der drei großen Stromöffnungen sind als durchlaufende Parallelträger mit gekreuzten Streben ausgebildet, die je 56,2 m Stützweite und 5,62 m Trägerhöhe haben, während in den beiderseits anstoßenden kleinen Öffnungen einfache Parallelträger von 22 m Stützweite und 2,81 m Trägerhöhe angeordnet sind. Ihre Unterkante liegt in gleicher Höhe wie die alte Brücke, also die Fahrbahn so hoch, daß ihre Unterkante und der dort liegende Windverband mit der Trägermitte zusammenfällt. Die Querträger sind als Zweigelenkrahmen ausgebildet.

Der auf Kosten der Stadt Meißen hergestellte Gangsteg besteht aus einem Trägerrost mit den beiderseitigen Geländern, der einerseits von einem durchweg 2,81 m hohen Hauptträger mit einfachem Dreieckstrebenzug getragen wird und sich anderseits auf den benachbarten Gleishauptträger stützt. Seine Gangbahn ist aus Eisenbetonplatten mit Belag aus Hartsteinplatten gebildet.

Zur Aufstellung der neuen Brücke wurden die alten Überbaue derart mitbenutzt, daß diese zunächst rd. 1,5 m seitlich verschoben und mit einer genügend breiten Baubühne versehen wurden, auf der die neuen Träger in der Achse der alten Brücke aber rd. 1,35 m höherliegend mittels zweier Bockkran fertiggestellt werden konnten, Abb. 9. Sodann wurden di neuen Überbauten auf den Pfeilern mittels Schwellenstape abgesetzt und zur einstweiligen Abstützung der alten Trag werke benutzt, die dann durch Gas-Schneidbrenner in ver sandfähige Stücke zerschnitten und mittels Kahnes abbeför dert wurden. Hierauf wurde das neue Tragwerk auf sei Lager abgesenkt und der Oberbau aufgebracht.

Die Ausführung des aus St. 48 gebildeten Tragwerke war der Firma Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G. über tragen, die im Laufe des Herbstes 1925 den rechten Gleis träger, im Laufe des Sommers 1926 den linken Gleisträge nebst dem städtischen Gangsteg herstellte. Demnach konnt der rechte Gleisträger mit den neuen Bahnsteiganlagen de Bahnhofes Meißen am 18. April 1926 in Betrieb genomme werden, während der neue städtische Gangsteg am 1. No vember 1926 dem öffentlichen Verkehr übergeben wurde Der linke Gleisträger dagegen kann erst nach Fertigstelle der übrigen Anlagen des Bahnhofes Meißen etwa im Herbs 1927 in Betrieb genommen werden. [M 2380]

Dresden Reichsbahnrat J. Karig

[1]) Vergl. „Bauingenieur" Bd. 6 (1925) S. 895.

Sportfahrzeuge

Reihenfertigung im Yachtbau

Die seit der Goldmarkumstellung zutage getretene Ver armung weiter Volkskreise und die stark gesunkene Kauf kraft des Geldes führten im Yacht- und Bootsbau zu eine Krise, die sich immer stärker auswirkt. Während in de Inflationszeit für die seit Kriegsende zahlreich entstandene Yacht- und Bootswerften infolge des Bestrebens der Allge meinheit, ihr Vermögen in Sachwerten anzulegen, und viele Lieferungen ans Ausland noch genügend Absatz vorhande war, fiel mit Eintritt der festen Währung ein großer Tei des inländischen Kundenkreises und das Ausland als Käufe fort, da die deutschen Preise zum großen Teil über dene des Auslandes lagen. Der Absatz im Auslande wurd immer schwieriger, die Preise mußten immer weiter ohn Rücksicht auf die Herstellkosten heruntergesetzt werden um wenigstens den Betrieb aufrechterhalten zu können.

Dieser Ausweg konnte nicht von langer Dauer sein, un so gingen zahlreiche Yachtwerften ein. Hierdurch wurd zunächst die Zahl der Werften stark eingeschränkt, abe immer noch nicht so, daß die übrigen Betriebe genügen Absatz fanden und ausreichend an den einzelnen Fahr zeugen verdienten. Diesem Mißstand suchten einzelne vor

Abb. 10. Halbgedecktes 8,5 m-Motorboot von Gebr. Engelbrecht

Abb. 11 und **12.** 8,5 m-Motorboot von Gebr. Engelbrecht

Länge über alles 8,5 m, Breite über Außenhaut 1,65 m, Tiefgang 0,45 m, Motorleistung rd. 15 bis 30 PS_e, Geschwindigkeit 20 bis 30 km/h

Abb. 13 und **14.** Wochenend-Vorderkajütboot von Gebr. Engelbrecht

Länge über alles (ohne Ruder)	8,5 m	Größter Tiefgang	0,60 m
Breite über Außenhaut (ohne Scheuerleisten)	2,0 „	Länge der Vorderkajüte	4,45 „

a Kettenkasten, *b* Einsteigeklappe, *c* Abortraum, *d* Wohnkajüte, *e* Klappen für Stauräume, *f* Geschirrschränke, *g* Küche, *h* Schubladen, *i* Schrank, *k* Kleiderschrank, *l* Fenster, *m* Oberlicht, *n* Werkzeugkasten, *o* Plicht (offener Wohnraum), *p* Motorkasten, *q* Steuerstand, *r* Sitz, *s* Brennstoffbehälter

…sschauende Betriebe nun durch Reihenfertigung kleiner …er gut durchgebildeter Motorbootarten zu überwinden, um …rch die hierbei erzielbare Verbilligung den Preis der ge…nkenen Kaufkraft der Allgemeinheit anzupassen und trotz…m noch den für das Weiterbestehen des Betriebes nötigen …ewinn zu sichern.

Eine der Firmen, die auf diese Weise gute Erfolge er…icht hat, ist die Yachtwerft Gebr. Engelbrecht, …erlin-Cöpenick. Zwei Fahrzeuge dieser Firma, die in …eser Weise hergestellt wurden, waren in der vorjährigen …assersport-Ausstellung in Potsdam ausgestellt.

Abb. 10 bis 12 zeigen ein schlankes Motorboot von 8,5 m …änge, 1,65 m Breite, 0,45 m Rumpftiefgang, 30 PS Motor…istung und 29 km/h Geschwindigkeit.

Das Boot ist vorwiegend aus Holz hergestellt, und zwar …iel, Steven aus Eiche, Außenhaut, Spiegel, Schandeck und …nenausbau aus Tabasko-Mahagoni; Deck aus Oregon…ine, in schmalen Planken verlegt, Nähte mit schwarzem …arineleim ausgegossen, Fußboden aus Kiefernholz mit Li…oleum belegt und mit Messingschienen eingefaßt.

Der Fußboden des Motorraumes ist mit Riffel-Alumi…iumblech ausgelegt. Sämtliche Beschläge an Deck sind …us poliertem Messing, Ruderbeschläge, Ruderpinne und …ellenbock aus Schmiedeisen. Die Polsterungen für Führer- und Hecksitz sind auf Sprundfedern gearbeitet und mit Leder bezogen. Die beiden vorderen Rücksitze erhalten Auflegepolster, ebenfalls aus Leder. Diese Rücksitze sind als Kasten für Bootzubehör ausgebildet und mit Klappen versehen. An beiden Bordseiten sind parallel der Bordwand kleine Schränke eingebaut, die zum Unterbringen von Geschirr dienen.

Abb. 13 und 14 zeigen ein geräumiges Wochenendboot von 8,5 Meter Länge, 2 m Breite, 0,6 m Tiefgang, 12 bis 14 PS Motorleistung und rd. 17 km Geschwindigkeit.

Der Schiffskörper ist aus Stahl hergestellt, und zwar werden die Platten sowie Kiel, Steven und Spiegel nach Schablonen angefertigt. Durch die Herstellung des Schiffskörpers aus Stahl wird gegenüber der Ausführung in Holz eine erhebliche Ersparnis an Arbeitslohn erreicht. Diese kommt zum großen Teil der Inneneinrichtung der Kajüte zugute, die praktisch und wohnlich ausgestattet ist.

Im Vorschiff befindet sich der Kettenkasten *a*, Abb. 13 und 14, der durch die Klappe *b* vom Abortraum *c* aus zugänglich ist. Im Abortraum selbst ist ein Wasserklosett aufgestellt. Ein Klappwaschbecken kann angebracht werden.

Licht und Luft erhält der Abortraum durch zwei zum Öffnen eingerichtete Fenster. An den Abortraum schließt sich die Wohnkajüte *d* an. Sie ist aus poliertem Mahagoniholz auf Rahmen mit Füllungen gearbeitet und mit schwarzen Leisten abgesetzt. Die Schlafsofas sind gepolstert. Die Räume unter den Sofas sind durch Klappen zugänglich und dienen zum Unterbringen von Bettzeug. Im vorderen Kajütschott sind zwei Schränke *f* für Geschirr, Gläser usw. angebracht. Weiter nach hinten befindet sich an Backbord die kleine Küche *g* mit Tellerbord und darunterliegenden Schubladen *h* und Schrank *i* für Geschirr und Vorräte. Gegenüber liegt der Kleiderschrank *k*, der bis zum Deck reicht und mit Hutbord und Stange für Kleiderbügel ausgestattet ist.

Licht und Luft erhält die Wohnkajüte durch drei auf jeder Bordseite befindliche zum Öffnen eingerichtete Fenster *l*, von denen das eine gleichzeitig den Kleiderschrank entlüftet. Außerdem ist auch ein Oberlicht *m* von 60 × 50 cm lichter Öffnung vorhanden. Über eine Stufe *n*, die als Werkzeugkasten ausgebildet ist, gelangt man in die geräumige Plicht[1]) *o*, deren Fußboden so hoch liegt, daß man bequem nach vorn über die Back hinwegsehen kann.

Der Motor befindet sich unter einem rd. 20 cm hohen Kasten *p*, der leicht abgenommen werden kann, und ist nach Wegnehmen eines Teiles der Bodenbretter von allen Seiten aus gut zugänglich. Auf Backbord, an dem Kajütschott, ist der Steuerstand *q* mit allen für die Bedienung

[1]) Offener Wohnraum.

Abb. 15. 7,4 m-Motorkreuzer

des Motors notwendigen Hebeln und Geräten eingerichtet. Elektrische Licht- und Anlasseranlagen sind vorgesehen. An Lampen sind im Abortraum eine, in der Kajüte zwei und in der Küche wiederum eine vorhanden. Außerdem sind die Positionslaternen an die elektrische Leitung angeschlossen. Am hinteren Ende der Plicht befindet sich ein Sitz *r*. Der Raum unter ihm ist als Stauraum ausgebildet und durch eine Klappe gut zugänglicl In der Rückenlehne ist ebenfalls ein Klappe vorgesehen, durch die man di Ruderleitung und den Ruderquadrant über holen kann. Außerdem ist in der Achter piek der Brennstoffbehälter *s* vorgesehen der natürliches Gefälle zum Vergaser hat

Das Boot kann mit einem festen Son nendach über der Plicht versehen werden Abb. 13. Das Dach hat herablaßbare was serdichte Seitenvorhänge mit Zellon scheiben; damit lassen sich hier noch zwe bis drei bequeme Schlafplätze schaffen, s daß das Fahrzeug ein Familienboot dar stellt, in dem man bezüglich Unterkunf und Verpflegung vollkommen unabhängig ist und seinen Liegeplatz dort wählen kann, wo die Natur dazu einladet.

Abb. 15 bis 20 stellen ebenfalls ein Wochenendboot, jedoch von kleinstmög lichen Abmessungen, dar. Im Gegensatz zu dem oben dargestellten ist dies Boot mi Knickspanten entworfen. Die Abmessungen betragen: 7,4 m größte Länge, 7,26 m Länge in der CWL., 1,85 m größte Breite, 0,59 m Tiefgang 0,95 m Freibord vorn, 0,57 m Freibord hinten; mit 8 bis 10 PS Leistung erreicht das Boot 14 bis 15 km/h Geschwindigkeit. Der Rumpf wird ganz in Holz hergestellt und zwar werden für das Unterwasserschiff verhältnismäßig breite Planken verwandt, so daß sich auch hier eine er-

Abb. 16 bis 18
7,4 m-Motorkreuzer mit Knickspanten, Außenansicht

Abb. 19 und 20. Schnitte durch den 7,4 m-Motorkreuzer
a Schlafsofas *b* Kochschrank *c* Doppeltür *d* Plicht *e* Vierzylindermotor von 8 bis 10 PS

liche Ersparnis in der Herstellung ergibt. Außerdem durch Verwendung billiger Hölzer bei der Außenhaut bei der Inneneinrichtung eine weitere Ersparnis er-ht. Die Inneneinrichtung ist ähnlich der in dem oben be-riebenen Fahrzeug. Im Vorschiff befindet sich die Brenn-fzelle, die vom Deck aus gefüllt wird. Daran schließt der Abortraum mit dem Unterwasser-Pumpklosett an. ht und Luft erhält dieser Raum durch zwei zum Öffnen gerichtete Fenster und einen aufschraubbaren Deck-lüfter, Abb. 19. An den Abortraum schließt sich die hnkajüte an. Diese ist mit zwei Schlafsofas *a* und einem hschrank *b* ausgestattet. Die Schlafsofas haben Spiral-en mit Auflegepolstern. Der Raum unter den Sofas ist h Aufnahme der Spiralboden gut zugänglich.

Licht und Luft erhält die Wohnkajüte durch zwei auf r Seite zum Öffnen eingerichtete Fenster. Durch die Steuerbord liegende Doppeltür *c* gelangt man in die äumige Plicht *d*. An ihrem vorderen Ende ist ein Vier-ndermotor *e* von 10 PS Leistung unter einem Kasten gestellt. Nach dem Fortnehmen des Kastens ist er all-s zugänglich. Der Steuerstand liegt auf Backbord und mit allen für die Bedienung des Motors notwendigen äten und Hebeln versehen. Auf beiden Seiten der Plicht nden sich im hinteren Teile zwei herunterklappbare Sitz-bänke, zwischen denen ein Klapptisch aufgestellt wird, der so bemessen ist, daß er auch in der Kajüte aufgestellt werden kann. Der Raum unter dem Achterdeck ist durch eine große Klappe im hinteren Schott bequem zugänglich. Da über der Plicht ein festes Sonnendach mit Seitenvor-hängen vorgesehen ist, so ist hier ebenfalls die Möglichkeit gegeben, zwei weitere geschützte Schlafplätze zu schaffen.

Auch dieses Boot hat sich gut bewährt. Dem schwim-menden Fahrzeug sieht man die eckige Spantform nicht an, Abb. 15. Durch eine starke Belastung des Hinterschiffes wird, wie Abb. 15 zeigt, keine zu starke Vertrimmung des Fahrzeuges hervorgerufen, was für die Geschwindigkeit un-günstig wäre.

Die beiden ersten Motorboote hat Dipl.-Ing. Bruno Engelbrecht, das letzte der Verfasser entworfen.

Berlin-Charlottenburg [M 2117] Obering. Heinz Docter

Berichtigung

Miramant, eine eisenfreie hochwertige Schneidmetallegierung

In Z. Nr. 4 vom 22. Januar 1927 muß es auf S. 136, l. Sp., letzter Abs., 9. Zeile heißen: Der Erweichungs-punkt liegt etwa 200 ° tiefer. [N 95]

Kleine Mitteilungen

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie in Nordamerika im Jahre 1926

In den Vereinigten Staaten von Amerika wurden im Jahre 1926 68 732 Mill. kWh gegenüber rd. 60 500 Mill. kWh im Jahre 1925 erzeugt. An die Verbraucher abgegeben wurden 55 468 Mill. kWh, das sind 12,4 vH mehr als im Vorjahr. Die Zahl der Verbraucher hat sich um 1 460 000 auf 19,5 Mill. erhöht. Gegenwärtig leben 68,5 Mill. Men-schen oder 58 vH der gesamten Bevölkerung in Wohnungen mit elektrischem Anschluß. In den Atlantischen Staaten wurden insgesamt 24 715 Mill., im mittleren Norden der Vereinigten Staaten 21 305 Mill. kWh erzeugt. Erheblich gewachsen ist die Erzeugung der Staaten im mittleren Süden mit 5410 Mill. kWh. Die Leistung der Stromerzeuger ist von 24 344 000 kVA am 1. Januar 1926 auf 26 813 000 kVA am 1. Januar 1927 gestiegen[1]).

In Wärmekraftanlagen wurden 43 600 Mill. kWh oder 63 vH, von Wasserkraftanlagen 25 132 Mill. kWh oder 36 vH erzeugt. Die Wasserkraftwerke haben demnach gegenüber 1925 eine Steigerung um rd. 3135 Mill. oder 14 vH, die Wärmekraftwerke um rd. 4438 Mill. oder 11 vH aufzuweisen. („Electrical World" 1. Januar 1927 S. 1*) [N 96 a] Sd.

Die Verbreitung der Dieselmaschine in Amerika

Die Gesamtleistung der im Betriebe befindlichen und in Amerika gebauten Dieselmaschinen wird auf rd. 1,156 Mill. PS geschätzt. Davon entfallen etwa 25,9 vH auf Schiffs-anlagen, 20 vH auf Anlagen zum Betrieb von Rohöl-Fern-leitungen und 17,8 vH auf Kraftwerke, zumeist kleinere Werke in städtischem Besitz von weniger als 3000 PS Lei-stung, für die sich Dieselmaschinen besonders gut eignen. Nach der Art ihrer Verwendung verteilen sich die in Ame-rika vorhandenen Dieselmaschinen, abgesehen von der Ver-wendung auf Schiffen, zu 24,7 vH auf Pumpwerke für Öl und Wasser, 19,4 vH auf Ölwerke und 17,7 vH auf Betriebs-anlagen in Fabriken. Unter den Arbeitsverfahren hat der kompressorlose Betrieb auch der Gesamtleistung nach inso-fern einen großen Aufschwung zu verzeichnen, als die Lei-stung solcher Maschinen im Verlauf der Jahre 1923/24 die aller andern Maschinen weit überholt hat und seitdem an der Spitze marschiert. („Power" 11. Januar 1927 S. 60/63*) [N 96 c] H.

Kompressorlose Zweitakt-Dieselmaschine

Die neue liegende Zweitakt-Dieselmaschine von Clay-ton & Shuttleworth arbeitet mit einem Zylinder von 3..mm Dmr. und 406 mm Hub; sie leistet 50 PS bei ...0 Uml./min. Der Arbeitskolben ist mit einem leicht ab-schraubbaren Stufenansatz versehen, der mit der Unter-seite die Förderung von Spülluft aus dem Kurbelgehäuse verstärkt, so daß sie mit 0,28 at Überdruck in den Zylin-der eintritt. Die Oberseite der Kolbenstufe arbeitet in einem Ringraum auf der Außenseite des Zylinders und dient zum Anlassen der Maschine. Beim gewöhnlichen Betrieb der Maschine steht dieser Raum mit der Außenluft ständig in Verbindung, während er beim Verstellen des Anlaßhebels mittels eines Drehschiebers abgeschlossen wird. Zugleich bringt man durch Verstellen des Anlaßhebels ein auf dem Ringraum angebrachtes Anlaßventil mit dem entsprechen-den Steuernocken auf der Kurbelwelle in Verbindung, wo-durch der Ringraum in der erforderlichen Weise mit Anlaß-luft von 21 at Überdruck versorgt wird. Die Einrichtung hat den Vorteil, daß das besondere Anlaßventil auf dem Zylinderkopf entfällt, so daß dieser nur die eine Mittel-öffnung für das Brennstoffventil zu haben braucht. („The Engineer" 21. Januar 1927 S. 80*) [N 96 d] H.

[1]) Das entspricht bei cos φ = 0,8 rd. 20 Mill. kW mittlerer Jahres-leistung, so daß der Gesamtleistungsfaktor im Jahre 1926 etwa 32 vH beträgt.

Betriebserfahrungen beim Trenton-Kanal-Kraftwerk

Nachdem das große Kraftwerk am Trenton-Kanal nun-mehr zwei Jahre im Betrieb ist, berichtet der Direktor der Detroit Edison Co., A. Dow, über die in dieser Zeit ge-machten Erfahrungen. Seit 18 Monaten laufen drei Turbo-dynamos mit je 50 000 kW Leistung bei 1200 Uml./min und 12 000 bis 13 000 V Spannung ununterbrochen bei einem mittleren jährlichen Belastungsfaktor von 58 vH. In dieser Zeit wurden insgesamt 1002 Mill. kWh erzeugt.

Die Anlage war von vornherein nicht für höchste ther-mische Ausnutzung, d. h. sehr hohe Drücke und Tempera-turen, vorgesehen. Im Vordergrund stand die unbedingte Betriebsicherheit und die Gesamtwirtschaftlichkeit auch bei geringeren Belastungsfaktoren. Insofern spielten die An-lage- und Erhaltungskosten eine ausschlaggebende Rolle. Der Anfangsdruck wurde zu 28 at Überdruck gewählt, weil dieser Druck bei den gegebenen Verhältnissen die obere Grenze für eingehäusige Maschinen und billige Kessel üblicher Bauart (genietete Trommeln) war. Die Anlage hat sich außerordentlich gut bewährt, was daraus hervor-geht, daß der geschätzte Gesamtwirkungsgrad, 21,3 vH, sogar überschritten wurde und auch die Erhaltungskosten erheb-lich geringer waren, als man sie eingesetzt hatte. Die Kohlenstaubfeuerung und die Aufbereitanlage haben sich gleichfalls in jeder Hinsicht gut bewährt. („Electrical World" 8. Januar 1927 S. 91.) [N 96 b] Pt.

Das Fahrgast-Motorschiff „Théophile Gautier"

Dieses Schiff ist kürzlich von den Ateliers et Chantiers de France in Dünkirchen fertiggestellt worden. Es hat 135,5 m Länge über alles, 17,1 m Breite, 10 400 t Verdrän-gung bei 6,75 m Tiefgang, 9500 B.-R.-T. Raumgehalt, 14 Kn Geschwindigkeit bei 6000 PS Gesamtnennleistung der Ma-schinen und 4500 t Tragfähigkeit. Als Antriebmaschinen sind zwei Sulzer-Zweitaktmotoren verwendet worden, die bei 108 Uml./min 4380 PS leisten. („Le Génie Civil" 15. Ja-nuar 1927 S. 73.) [N 96 e] Schm.

Roheisen- und Rohstahlerzeugung in Deutschland, Frankreich und in den Vereinigten Staaten von Amerika 1926

Im Jahre 1926 wurden in Deutschland 9,644 Mill. t Roheisen (10,177 Mill. t 1925) und 12,342 Mill. t Rohstahl (12,195 Mill. t 1925), darunter 12,148 Mill. t Rohblöcke und 0,194 Mill. t Stahlguß erzeugt. 206 Hochöfen mit 52 325 t mittlerer Leistungsfähigkeit in 24 h waren vorhanden.

Frankreichs Erzeugung betrug im Jahre 1926 an Roheisen 9,310 Mill. t (10,1 vH mehr als 1925) und an Rohstahl rd. 8,400 Mill. t. Diese Zahlen sind in früheren Jahren noch nie erreicht worden. Infolge des Bergarbeiterstreiks war in England die Erzeugung gering; sie betrug an Roheisen 2,48 Mill. t (6,33 Mill. t 1925) und an Rohstahl 3,61 Mill. t (7,5 Mill. t 1925), darunter rd. 0,11 Mill. t Stahlguß. — In den Vereinigten Staaten von Amerika wurden rd. 40 Mill. t Roheisen (41 Mill. t 1925) und rd. 49 Mill. t Rohstahl (45,800 Mill. t 1925), darunter 1,27 Mill. t Stahlguß erzeugt; einen Höchstwert bildet hierbei die Rohstahlerzeugung 1926. In den Stahlwerken wurden rd. 35,3 Mill. t (33,1 Mill. t 1925) verarbeitet, davon zu Weißblechen 5½ vH, Draht 8 vH, Schienen 9 vH, Profileisen 10½ vH, Platinen 11 vH, Röhren 12 vH, Blechen 13½ vH, Barren 19 vH und andern Erzeugnissen 11½ vH. Hiervon wurden geliefert an die Landwirtschaft 4 vH, Maschinenindustrie 4 vH, Nahrungsmittelindustrie 4 vH, Öl-, Gas-, Wasserindustrie und Bergbau 9½ vH, Kraftwagenindustrie 14½ vH, Bau- und Eisenbaukonstruktions-industrie 19½ vH, Eisenbahn 23½ vH und andre Industrie 16 vH. Ausgeführt wurden 5 vH. („Stahl u. Eisen" 13. Januar 1927 S. 68, 20. Januar 1927 S. 110, „Iron and Coal Trades Review" 14. Januar 1927 S. 40, „The Iron Age" 6. Januar 1927 S. 6*.) [N 96 f] Gw.

Die Elektroofen-Anlagen in den Vereinigten Staaten von Amerika

Die Gesamtzahl der in Amerika in Betrieb befindlichen Elektroöfen beziffert sich auf rd. 540, wobei man am häufigsten die Bauarten von Heroult (190) und von Moore (150) verwendet. Eine der größten Einrichtungen von Elektroöfen zur Erzeugung von Stahl betreibt die Timken Roller Bearing Co., Canton, Ohio. Die Anlage besteht aus zwei 15 t fassenden Heroult-Öfen, einem für 7 t und fünf für 6 t. Im Jahre 1926 wurden in Amerika 41 neue Elektroöfen in Betrieb genommen gegenüber 43 Öfen im Jahre 1925. Sie verteilen sich auf die Bauarten:

Bauart	Anzahl
Moore (oder Pittsburgh)	18
Heroult	11
Swindell	5
Van Baur	3
Kay	2
Oakland	1

(„The Iron Age" 6. Januar 1927 S. 90.) [N 96 g] Ill.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Sammlung Göschen 476. u. 936. Bd.: **Die Werkstoffe des Maschinenbaues.** Von A. Thum. Berlin u. Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. 1. Bd.: 132 S. m. 54 Abb. 2. Bd.: 130 S. m. 19 Abb. Preis für 1 Bd. 1,50 *M*.

Die vielfach noch sehr dürftigen Kenntnisse der Ingenieure von den Werkstoffen zu erweitern und zu vertiefen, ist der Zweck des kleinen Lehrbuches. Es enthält eine klare einfache und neuzeitliche Darstellung der Prüfverfahren und der Technologie der Werkstoffe, insbesondere für Eisen und seine Legierungen, aber auch für die Nichteisenmetalle und die Hilfsstoffe des Maschinenbaues. Die Materialprüfverfahren aller Art sowie die Technologie der Eisenlegierungen werden im ersten Bande behandelt, die planmäßige Darstellung der Eisen- und Nichteisen-Metalle sowie der Hilfsstoffe und ihrer Anwendungen bilden den Hauptinhalt des zweiten Bandes.

Hervorgehoben seien die Kapitel über den Druckversuch und seine künftige Bedeutung und über Schlagproben mit vielen eigenen Meßergebnissen des Verfassers. Durch Versuche an homogenen Stahlarten wird bewiesen, daß die Kerbzähigkeit sehr scharf definiert werden kann. Sehr ausführlich und den neuesten Forschungen entsprechend sind die Abschnitte über die Anfressungen und über den Einfluß der Temperatur auf die Festigkeit. Unter den Hilfsstoffen werden die Schmiermittel und die Schmiervorgänge behandelt.

Bei den Umwandlungen der Metalle wird ohne vorherige Erklärung von α- und γ-Eisen und von Zementit gesprochen, bei Messing von α- und β-Mischkristallen. Es wäre wohl besser gewesen, an Hand der üblichen Diagramme in die Lehre von den Umwandlungen einzuführen.

Die Bezeichnungsweise in den Bändchen entspricht mit wenigen Ausnahmen den neueren Festsetzungen. Die Systematik der Stoffe und die reichhaltigen Zahlenangaben geben dem kleinen Werk über das Lehrbuchartige hinaus den Charakter des Nachschlagebuches. In beiden Hinsichten wird es jedem Ingenieur von großem Werte sein.

[E 2723] Max Jakob

Der Eisenbetonbau. Seine Theorie und Anwendung. Herausg. von E. Mörsch. 5. Aufl. 2. Bd. 3. Lfg. Stuttgart 1926, Konrad Wittwer. S. 321 bis 484 m. 173 Abb. Preis 8 *M*.

Die neue Lieferung des bekannten Werkes bildet den Abschluß der ersten Hälfte des II. Bandes und bietet gerade dem Maschinenbauer mancherlei Beachtenswertes. Zuerst werden die Grundregeln für den Entwurf von Stütz- und Ufermauern auf Grund der Ergebnisse eigener Versuche besprochen. Die Fachwelt ist bereits durch die Festschrift von Wayss & Freytag A.-G. sowie durch die Zeitschrift „Beton und Eisen" von diesen Versuchen unterrichtet. Bei den Winkelstützmauern auf Pfählen werden neuartige Konstruktionsgedanken erörtert.

In dem Kapitel über Maschinenfundamente werden die Gründung von Dampfhämmern und Verbrennungsmotoren, ferner die Sicherung der Maschinenfundamente gegen Bergsenkungen und die Fundamente für Dampfturbinen besprochen. Sehr zu begrüßen ist die eingehende Behandlung des Einflusses der Schwingungen, den bereits Ehlers in der genannten Festschrift erörtert hat. Mörsch empfiehlt als Zuschlag zum Maschinengewicht 300 bis 500 vH je nach der Drehzahl der Maschinen und als Horizontalkraft etwa die halbe Größe der Maschinenlasten, einschließlich jener Zuschläge.

Bei der Besprechung der Schornsteine wird auf die Verwendung von Formstücken besonders Rücksicht genommen, im übrigen aber der Winddruck und die Spannung infolge ungleicher Erwärmung der Schaftwand eingehend behandelt. Der Ansicht von Lewe, daß für die Ringeisen noch eine Zusatzkraft wegen des Unterschiedes in der Erwärmung von Eisen und Beton nötig sei, pflichtet Mörsch nicht bei. Wirtschaftlich kommt der Eisenbeton nur für Schornsteine von 80 m und mehr in Frage.

Beachtenswert sind weiterhin die Angaben über den Bau von Kühltürmen sowie von Masten und Ständern verschiedener Ausführungsart. Den Beschluß des Buches bildet ein Nachtrag zu dem Abschnitt über Flachdecken. Es wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, bei diesen Decken die in die Stützen übertragenen Momente zu berücksichtigen.

Der „Eisenbetonbau" von Mörsch ist zu einem unentbehrlichen Rüstzeug für jeden Fachmann geworden; einer besonderen Empfehlung bedarf es nicht.

[E 2584] C. Kersten

Lehrbuch der technischen Physik. Herausg. von Georg Gehlhoff. 2. Bd. Optik—Elektrik. Leipzig 192[illegible], Johann Ambr. Barth. 759 S. m. 761 Abb. Preis 48 *M*.

Gegenüber dem 1. Band, besprochen Bd. 68 (1924) S. 123, der die Mechanik nebst Akustik und die Thermodynamik enthält, bringt der zweite auf 204 Seiten Optik und auf 588 Seiten Elektrik. Der ganze Stoff ist in eine Reihe von Kapiteln geteilt, die von einer größeren Zahl von Verfassern bearbeitet wurden.

Die Optik umfaßt zunächst geometrische Optik und optische Instrumente, bearbeitet von dem leider früh verstorbenen H. Erfle, wissenschaftlichem Mitarbeiter der Zeiss-Werke; H. A. Schulz, Mitarbeiter bei C. P. Goerz, hat Interferenz, Beugung, Polarisation, Doppelbrechung und physiologische Optik beigesteuert.

Von E. Gehrcke, Abteilungsdirektor bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, stammt der Abschnitt Technische Spektralanalyse, während für die wichtige Lichttechnik (Photometrie, Lichtquellen, Beleuchtung von Räumen usw., Leuchtgerät) der Herausgeber selbst zeichnet.

In der Elektrik sind umfangreiche Teile von W. O. Schumann, Professor der Elektrotechnik an der Technischen

ochschule München, verfaßt: Elektrotechnik, Hochspanng, Isolation, Induktivität, elektrische Maschinen, Überpannungen, Schaltanlagen. R. Jaeger, Mitglied der Physilisch-Technischen Reichsanstalt, hat über Magnetismus d elektrische Einheiten geschrieben. Von G. Keinath, irektor bei Siemens & Halske, stammt der Teil über eleksche Meßgeräte. Es folgen dann Fernsprech- und Telegaphen-Technik von U. Meyer und Radiotelegraphie und lephonie von E. Nesper.

Auch dem Gebiet der Gasentladung, das neuerdings tech-ch wichtig geworden ist, ist ein Abschnitt von G. Gehlff und R. Seeliger, Professor der Physik an der Universät Greifswald, gewidmet. Die vor allen Dingen für die ihlampen und Senderöhrentechnik wichtige Hochvakuumhnik hat der verstorbene Mitarbeiter der Osram-Gesellaft, F. Bergter, die Röntgentechnik haben O. Berg und W. Hausser, wissenschaftliche Mitarbeiter bei Siemens Halske, verfaßt.

Es ist dem Herausgeber gelungen, die Schwierigkeiten, in der Zusammenfassung so zahlreicher Beiträge aus rschiedenen Federn liegen, noch besser als beim ersten nde zu überwinden, so daß die vorliegenden beiden wichsten Teile der technischen Physik in der Tat als ausgezchnet dargestellt gelten können.

Für die Zuverlässigkeit des sachlichen Inhaltes bürgen Namen der zum größten Teil in der Industrie tätigen itarbeiter; die bequeme Benutzbarkeit und Übersichtlichkeit rd durch umfangreiche Sach- und Namenverzeichnisse und haltverzeichnisse gewährleistet.

So kann auch dieser Band des Werkes, dessen Herausgbe einen Markstein für die Entwicklung der technischen ysik bedeutet, Physikern wie auch Ingenieuren warm pfohlen werden. [E 2594] W. Hort

ternational Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technology. Hauptherausgeber E. W. Washburn. New York 1926, McGraw-Hill Book Co. 1. Ausgabe. XX u. 415 S. Preis 12 $.

Die Herausgabe des vorliegenden Werkes ist unter rderung durch den International Research Council und amerikanische National Academy of Sciences von dem erikanischen National Research Council vorbereitet worca. 244 Personen und Firmen, unter letzteren, was einen men hat in Amerika, sowie zwei Stiftungen haben 000 $ beigesteuert, um die Herausgabe zu einem verltnismäßig niedrigen Preis zu ermöglichen. Ein zehnpfiger Verwaltungsrat, fünf amerikanische und elf korresondierende ausländische Herausgeber, sowie sieben ausdische beratende Ausschüsse, endlich 50 Mitarbeiter ben dem ersten Band zum Leben verholfen.

Deutschland ist dabei nicht vertreten. Im Vorwort ißt es, es sei in einigen Ländern nicht gelungen, Mitbeiter zu erlangen. Man möchte indes meinen, daß man ch in Deutschland, wo die berühmten, privater Initiative tsprungenen Physikalisch-Chemischen Tabellen von Landlt-Börnstein bereits in fünfter Auflage erschienen d, bei einiger Bemühung an geeigneten und geneigten itarbeitern gerade genug hätte finden können. Das Werk englisch geschrieben, nur das Vorwort, das Inhaltverchnis und die Erklärung der Anordnung in den Haupttellen sind in vier Sprachen, auch in fragwürdigem utsch, abgefaßt.

Von den oben genannten deutschen Tabellen unterscheia sich die „internationalen" einmal dadurch, daß eine itische Auswahl des jeweils besten Wertes versucht wird, hrend die deutschen Tabellen Vollständigkeit der guten rte anstreben, dann durch Aufnahme ganzer technischer pitel, endlich durch ausführlicheren, manchmal fast lehrchartigen Text.

Die Bearbeitung ist an der Hand der „Tables annuelles" n 1910 bis 1923 erfolgt. Eine logische Folge konnte nicht ielt werden, weil manche Beiträge von Mitarbeitern ht rechtzeitig eingingen. So folgen im vorliegenden Band f Allgemeines, wie Maß- und Gewichtsysteme fast aller nder der Welt (wobei aber z. B. die deutsche technische mosphäre 1 at = 1 kg/cm² fehlt und die Zeichen at und m für die pysikalische Atmosphäre gebraucht werden) lfstafeln für physikalisch-chemische Messungen, dann Tallen der physikalischen Haupteigenschaften von etwa 00 anorganischen und 6200 organischen chemischen Verdungen, Verschiedenes über Kristalle, Süßstoffe, über ruchmessungen, endlich Radioaktivität, Astronomie, Aeronamik, also vielerlei, aber zunächst ohne rechte Ordng. Ein ausführliches Inhaltverzeichnis des ganzen rkes wird für später angekündigt. Im vorliegenden Band d dagegen verschiedene willkürliche, aber praktische hlüssel angegeben, z. B. zum Bestimmen von Stoffen, von nen einige Eigenschaften bekannt sind.

Es ist hier ohne Zweifel ein bedeutendes Werk im Entstehen begriffen, dessen Wert wesentlich von seiner allmählichen Ausgestaltung abhängen wird.
[E 2608] Max Jakob

Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte. **Josef von Fraunhofer.** Von J. Zenneck. Berlin 1926, VDI-Verlag. 28 S. m. 14 Abb. Preis 1 ℳ, für VDI-Mitgl. 0,90 ℳ.

Joseph Fraunhofer und sein optisches Institut. Von A. Seitz. Berlin 1926, Julius Springer. 118 S. mit 6 Taf. Preis 5,70 ℳ.

Der Verein deutscher Ingenieure gibt im Einvernehmen und mit Unterstützung des Deutschen Museums eine Schriftenreihe heraus. Diese Hefte sollen kurze Monographien zur Geschichte der Technik und Naturwissenschaft sein, die den Besuchern des Deutschen Museums über den Inhalt des amtlichen Führers hinaus ein tieferes Studium der Sammlungen ermöglichen. Die Schriften stellen die Entwicklung von Sondergebieten dar und eignen sich auch dazu, den Laien Wesen und Kulturbedeutung der Technik zu zeigen. Der Preis ist niedrig, damit die Abhandlungen auch in den Schulen gekauft werden können.

Das vorliegende Heft enthält die Festrede Prof. Zennecks bei der Jahresfeier des Deutschen Museums am 6. Mai 1926. Sie faßt die in der Literatur verstreuten Angaben über Fraunhofer zusammen, und würdigt die Persönlichkeit dieses Mannes. Fraunhofer ist der Begründer der modernen Optik. Neben Bildnissen sind zahlreiche Abbildungen der Fraunhoferschen Apparate im Deutschen Museum beigegeben.

A. Seitz, dem wir bereits mehrere Biographien über Fraunhofer verdanken, hat ebenfalls den hundertsten Todestag Fraunhofers zum Anlaß genommen, den Werdegang dieses Mannes seit seinem Eintritt in das Mathematisch-Mechanische Institut von Utzschneider und Reichenbach zu würdigen. Sein Buch setzt die Kenntnis der Schriften voraus, die sich mit der Jugendgeschichte Fraunhofers befassen, da trotz aller Nachforschungen hierüber nicht mehr zu erfahren war. Viele bisher unbekannte Urkunden aus dem Nachlaß Utzschneiders, u. a. Handschriften von Utzschneider und von Fraunhofer sind darin abgedruckt und ausgewertet, und so zum erstenmal der Öffentlichkeit zugänglich gemacht worden. Mehr als jede andre Lebensbeschreibung zeigen diese Urkunden, daß der „Mechanikus" Fraunhofer ein Ingenieur im besten Sinne des Wortes gewesen ist, der die durch wissenschaftliche Tätigkeit erworbene Kenntnis gleich praktisch verwertete und ein hervorragender Konstrukteur und Fabrikleiter war. [E 2713] Barbe

Das Gesamtgebiet des Offsetdruckes. Von Ernst Th. Biller. 3. Aufl. Leipzig 1926, Deutscher Buchgewerbe-Verein. 112 S. m. versch. Abb. Preis 3 ℳ.

Mit dem schnellen Fortschreiten des Gummi- oder Offsetdruckes[1]) hat sich auch bei diesem Buche bereits die dritte, verbesserte Auflage eingestellt. Neben den bisher bekannten und gepflegten Verfahren zum Herstellen von Druckplatten werden jetzt auch die neuesten maschinellen Einrichtungen für die photomechanische Plattenherstellung gestreift. Dies sind die „Lithotex"-Addiermaschine und die „Printex"-Kopiermaschine, englischen Ursprungs, die eine Umwälzung in der Herstellung von Reihenbildern bedeuten.

Ein großer Teil des Buches ist den Gummidruckmaschinen gewidmet. Neben den Maschinen für ein- und mehrfarbigen Druck auf Formatbogen sind auch die neuerdings mehr angewandten Umlaufmaschinen für den Druck von der Papierrolle behandelt. Eine kurze Beschreibung der Sonder-Setzmaschine für Gummidruck, der „Typar-Schreibsetzmaschine", bildet den Abschluß des textlichen Teiles, dem noch einige farbige Druckproben und Gegenüberstellungen von Druckwirkungen gleicher farbiger Bilder in Buch- und Gummidruck ergänzend hinzugefügt sind. Der nächsten „verbesserten" Auflage wären ein besseres Deutsch und bessere Bilddarstellungen zu wünschen. Daß die Bildunterschriften teilweise fehlen, erschwert die Übersicht. Das Gesamtgebiet des Offsetdruckes kann auf 112 Seiten nicht erschöpfend behandelt werden.
[E 2611] Birkner

Amerikas Dampfturbinenbau. Von E. A. Kraft. Berlin 1927, VDI-Verlag. 115 S. m. 125 Abb. Preis 14 ℳ.

Verwertung von Abfall- und Überschußenergie. Von de Grahl. Berlin 1926, VDI-Verlag. 305 S. m. 290 Abb. Preis 22 ℳ.

Maschinen-Untersuchungen. Von Anton Staus. 1. Bd.: Hydraulik in ihren Anwendungen. 2. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 196 S. m. 131 Abb. Preis 10,50 ℳ.

[1]) Die englische Bezeichnung „Offset" deutet auf ein Umdruck- oder Abziehverfahren hin, das aber nicht allein beim Druck vom Gummituch (oder von der Gummiwalze) benutzt wird, also irreführend ist.

Lehrbuch der Elektrodynamik. Von J. Frenkel. 1. Bd.: Allgemeine Mechanik der Elektrizität. Berlin 1926, Julius Springer. 365 S. m. 39 Abb. Preis 29,70 ℳ.
Theorie des Wechselstromes in Einzeldarstellungen. Von H. Loewe. 2. Bd.: Magnetische u. elektrische Felder. Leipzig 1926, Hachmeister & Thal. 88 S. m. 42 Abb. Preis 3,80 ℳ.
Siemens-Handbücher. 8. Bd.: **Elektrisches Schaltzeug.** Bearb. von Ernst Schupp. Berlin u. Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 179 S. m. 314 Abb. Preis 5,40 ℳ.
Handbuch der Büromaschinen. Herausg. vom Verlag der „Büro-Industrie". Berlin 1926, Union, Deutsche Verlagsgesellschaft. 416 S. m. zahlr. Abb. Preis 30 ℳ.
Kalender für Heizungs-, Lüftungs- u. Badetechniker. Von H. J. Klinger 32. Jg. 1927. Herausg. u. neubearb. von J. Ritter. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. 423 S. m. 54 Abb. u. 120 Tab. Preis 3,60 ℳ.
Handbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie. Herausg. vom R. d. A. u. vom Deutschen Automobilhändler-Verband. 3. T. Berlin 1927, Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co. u. Ernst Valentin Verlag. 393 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 ℳ.
Landmaschinen-Kalender. 1927. 6. Jg. Herausg. vom Wirtschaftspolitischen Ausschuß der Landmaschinen-Industrie G. m. b. H. (Wipola). 1. u. 2. Teil. Berlin 1927, Paul Parey. 1. T.: 66 S., 2. T.: 116 S. m. versch. Abb. Preis zus. 5 ℳ.
Alfred Krupp. Von Wilhelm Berdrow. Berlin 1927. Reimar Hobbing. 1. Bd.: 344 S. m. versch. Abb. 2. Bd.: 422 S. m. versch. Abb. Preis in Leinen 30 ℳ, in Leder 36 ℳ.
Der Luftschiffbau Schütte-Lanz 1909—1925. Herausg. von Johann Schütte. München u. Berlin 1926, R. Oldenbourg. 152 S. m. 30 Abb. Preis 18 ℳ.
Wirtschaftslehre der Unternehmung. Von Friedr. Leitner. 5. neubearb. Aufl. d. „Privatwirtschaftslehre". Berlin und Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. 375 S. Preis 13,50 ℳ.
The Marketing Problem. How it is being tackled in U. S. A. Von Edward T. Elbourne. London 1926, Longmans, Green & Co. Ltd. 216 S. Preis 10 sh.
Schriften des Vereins für Sozialpolitik. 172. Bd.: Verhandlungen des Vereins f. Sozialpolitik in Wien 23. bis 25. September 1926. **Krisis der Weltwirtschaft. Übervölkerung Westeuropas. Steuerüberwälzung.** Herausg. von Franz Boese. München und Leipzig 1926, Duncker & Humblot. 363 S. Preis 13,80 ℳ.
Schriften des Vereins für Sozialpolitik. 173. Bd. **Beiträge zur Wirtschaftstheorie.** Herausg. von Karl Diehl 1. T.: Volkseinkommen und Volksvermögen. München und Leipzig 1926, Duncker & Humblot. 156 S. Preis 6,30 ℳ.
Der Neubau des öffentlichen Arbeitsnachweises Dresden und Umgebung. Eine Werbeschrift anläßlich d. Eröffnung d. neuen Dresdener Gebäudes, Oktober 1926. Herausg. von Dr. Nerschmann. 71 S. m. versch. Abb.
Die Haager Konferenz 1925. Von Albert Osterrieth Leipzig und Berlin 1926, Verlag Chemie. 158 S. Preis 6 ℳ.
Die Einwirkungen des Deutschen Sprachvereins auf die Deutsche Sprache. Von Otto Steuernagel. Berlin 1926, Verlag des Deutschen Sprachvereins. 108 S. Preis 1 ℳ.
Bahnbrechende Erfindungen in Amerika und Europa. Von Waldemar Kaempffert. Übertr. der amerikan. Ausgabe u. um d. neuesten Erfindungen ergänzt von Hans Klopstock. Berlin 1927, Rudolf Mosse. 430 S. m. 230 Abb. Preis 20 ℳ.
Taschenkommentar des Patentgesetzes nebst ergänzenden Vorschriften. Von Ludwig Ebermayer. Berlin 1926 Otto Liebmann. 222 S. Preis 5 ℳ.
Hochschulführer Charlottenburg. Herausg. von Hans L. Menzel. Wintersemester 1926/27. Berlin 1926, Gebr. Wichmann. 117 S. Preis 1 ℳ.
Vom Geiste der Wirtschaft. Richtwege in Deutschlands Zukunft. Von Wilhelm Büsselberg. Berlin 1926 Verband öffentlicher Feuerversicherungsanstalten in Deutschland. 186 S. Preis 5 ℳ.
Welteis und Weltentwicklung. Von Hans Wolfgg. Behm Leipzig 1926, R. Voigtländers Verlag. 47 S. Preis 1 ℳ.
Völkerrechtsfragen 19. H.: **Deutsche Luftrechtspolitik seit Versailles.** Von Werner Bartz. Berlin 1927, Ferd. Dümmler. 49 S. Preis 3 ℳ.
Gliederung, Standes- und Berufsfragen der sudetendeutschen Technikerschaft; ihre Stellungnahme zu den Problemen der Gegenwart. Von Gustav W. Meyer. Technischer Verlag, Bodenbach a. d. Elbe. (S. A. aus: Techn. Rundschau u. Anzeiger „Trua" Bd. 8 (1926) Heft 11 und 12.)
Warkaus works. A short historical Sketch. Warkaus 1926 61 S. m. zahlr. Abb.
Elektro-Kalender 1927. Stuttgart 1927, Franck'sche Verlagsbuchhandlung. Preis 3 ℳ.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES

Die 66ste Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure

findet am **Sonntag, dem 29. Mai 1927, in Mannheim** statt.

Der Hauptversammlung geht eine Versammlung des Vorstandsrates am Sonnabend, dem 28. Mai, in Mannheim voran.

Anträge, die in diesen Versammlungen zur Verhandlung kommen sollen, sind gemäß §§ 35, 37 und 46 der Satzung spätestens bis zum 26. Februar d. J. schriftlich bei der Geschäftsstelle einzureichen.

Die Tagesordnung wird rechtzeitig veröffentlicht werden.

Wendt
Vorsitzender des Vereines deutscher Ingenieure

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 12. FEBRUAR 1927 NR. 7

Neuzeitliche Verfahren zur Herstellung von Tafelglas

Von Oberingenieur Fritz Groß, Witten a. d. Ruhr

Erklärung des Begriffes „Tafelglas" — Die Mundbläserei — Die Maschinenblasverfahren von Sievert und Lubbers — Die Tafelziehverfahren von Fourcault und Colburn-Libby-Owens — Gegenüberstellung

Tafelglas ist die Handelsbezeichnung für klares Fensterglas, das bei seiner Herstellung[1]) unmittelbar aus der zähflüssigen Glasmasse gewonnen wird, hne daß seine Oberflächen durch Schleifen oder Poeren weiter verbessert werden. Tafelglas wird handelsblich in rd. 2, 3 und 4 mm Dicke geliefert. Die Anforerungen, die an ein gutes Tafelglas gestellt werden, ind folgende:

1. Die Tafeln sollen je nach der geforderten Güte möglichst wenig Fehler, wie Schlieren, Blasen, kleine Gasbläschen, Streifen usw., aufweisen, da durch diese Fehler der Durchblick gestört oder eine Verzerrung des Bildes hervorgerufen wird.
2. Die Tafeln sollen möglichst gerade und eben sein, damit sie bei der Verglasung gut in die schmalen Kittfalzen der Fensterrahmen eingesetzt werden können.
3. Die Tafeln sollen überall gleichmäßig dick und gut gekühlt sein, damit sie keine Spannungen aufweisen, die beim Zerschneiden mit dem Diamanten viel Bruch verursachen können.
4. Das Tafelglas muß seiner Zusammensetzung nach zu den beständigen Gläsern gehören, d. h., es muß gegen die Einflüsse der Witterung unempfindlich sein.

Die Mundbläserei

Seit vielen hundert Jahren wurde das Tafelglas stets derselben Art und Weise erzeugt. Das Herstellungsrfahren hat sich bis heute wenig verändert, abgesehen on den Öfen und Feuerungsanlagen, die sich, dem Zwange r Wirtschaftlichkeit nachgebend, mehr oder weniger m technischen Fortschritt angepaßt haben. Der Gang r bisherigen, heute noch gebräuchlichen Herstellungsart lgt aus Abb. 1 bis 12.

Das im Hafen- oder Wannenofen geschmolzene Glas ird im strengflüssigen Zustande von den Glasmacherhilfen mit der vorgewärmten Glasmacherpfeife durch ehrmaliges Eintauchen und Drehen der Pfeife entmmen. Der an der Pfeife haftende Glasposten wird n den Glasmachern durch Wälzen in einer Form und lasen in einen birnenförmigen Hohlkörper verwandelt, ssen Durchmesser für den Durchmesser der herzustelnden Walze maßgebend ist. Die Weiterverarbeitung gehieht durch Rollen, Schwenken und Blasen unter mehrligem Anwärmen im Trommelofen. Die Walze wird nmehr, nachdem sie die gewünschte Länge hat, durch setzen eines kleinen, flüssigen Glasklümpchens an der itte der Kalotte bei gleichzeitigem Anwärmen und lasen gelocht und aufgeweitet. Danach werden Pfeife d Hals durch Absprengen entfernt; die Walze selbst rd der Länge nach aufgesprengt. Die erste Formbungsarbeit, das Blasen, ist nun beendet, und die Walze rd zur Streckerei befördert. Dort wird sie im Streckn auf Erweichungstemperatur erwärmt. Die wieder plastisch gewordene Walze wird auf dem Streckstein, einer abgerichteten und polierten Schamotteplatte auseinandergelegt und mit einem an einer langen Stange befestigten Holzklotz zur Tafel ausgebügelt. Nachdem die gestreckte Tafel den Kühlkanal des Streckofens durchwandert hat, um spannungsfrei gekühlt zu werden, ist sie zum Schneiden fertig.

Man sieht, daß sich der Herstellungsvorgang aus einer langen Reihe von Einzelarbeiten zusammensetzt, die nur von einer größeren Zahl erfahrener und geschickter Facharbeiter geleistet werden können, und daß zur Herstellung einer Flächeneinheit Tafelglas eine große Gesamtarbeitzeit erforderlich ist, was durch einen hohen Lohnkostenanteil in den Selbstkosten zum Ausdruck kommt. Der Gesamt-Brennstoffaufwand ist ebenfalls recht erheblich, da nicht nur durch Verarbeitung des Glases zur Walze ein mehrmaliges Anwärmen erforderlich ist, sondern auch zum Strecken der Walze und Wiedererwärmen auf Erweichungstemperatur eine große Wärmemenge, nämlich rd. 25 bis 30 vH der zum Schmelzen erforderlichen Wärme, gebraucht wird.

Abb. 1 bis 12. Mundbläserei

[1]) Nähere Einzelheiten s. Dralle-Keppler, „Die Glasfabrikation", 1. Bd. 2. Aufl.

Abb. 13 bis 22
Das Sievert-Verfahren

Abb. 23 bis 28
Die wichtigsten Vorrichtungen des Lubbers-Verfahrens und ihre Arbeitsweise

Abb. 26 bis 28
Vorrichtungen zum Ablegen der fertigen Walzen beim Lubbers-Verfahren

Die Maschinenblasverfahren

Die ersten Bestrebungen, die Tafelglasherstellung zu mechanisieren, richteten sich naturgemäß darauf, den schwierigsten Teil der Arbeit, das Blasen, durch Maschinen ausführen zu lassen. Es entstanden die beiden Verfahren von Sievert und Lubbers. Beide begnügten sich damit, die erste Phase der Tafelglasherstellung bis zur Walze auf mechanischem Wege zu erreichen, während das Ausstrecken der Walze zur Tafel entsprechend der Handherstellung beibehalten wurde.

Das Sievert-Verfahren

Das Sievert-Verfahren lehnt sich am meisten an das Verfahren der Handherstellung an. Kennzeichnend ist hier die Beibehaltung der Pfeife, allerdings in andrer Form, sowie der Trommel für die Erwärmung der maschinell geblasenen Walze während der Verarbeitung; besonders aber die Ausnutzung der Schwerkraft des an der Pfeife hängenden Glaspostens zum Ausblasen der Walze. Abb. 13 bis 22 zeigen schematisch den Arbeitsgang des Verfahrens.

Der Blaskopf ist durch ein elektrisch gesteuertes Windwerk in senkrechter Richtung beweglich und um seine Achse drehbar. Schaft und Blaskopf sind gebohrt und an Druckluft angeschlossen. Der Außenring des Blaskopfes ist ein Elektromagnet. Auf eine fahrbare Unterlage wird in den Erstarrungsring eine Lage Glas gegossen. Der Erstarrungsring mit der ange gossenen Glaslage wird unter den Blaskopf gefahren. Nac dem Einschalten des Magnetstroms wird der Blaskopf mi dem Erstarrungsring und der Glaslage angehoben und de Wagen mit der Aufgußplatte ausgefahren. Die zähflüssig Glaslage senkt sich infolge der Schwerkraft durch den Er starrungsring hindurch. Nachdem die Durchsenkung ein gewisse Tiefe erreicht hat, wird unter gleichzeitigen Drehen des Blaskopfes mit dem Aufblasen begonnen. Be dem ersten Aufblasen wird der Glasposten durch eine dar untergefahrene Holzplatte unterstützt. Ist bei weitere Fortsetzung des Blasvorganges das Glas zu weit erkaltet so wird es mit dem Blaskopf in einen senkrechten Trom melofen gesenkt; der zweiteilige Deckel wird dicht un den Schaft des Blaskopfes geschlossen und das Glas unte gleichzeitigem Drehen gewärmt. Nach dem Aufwärmen wird das Blasen bis zum Erreichen der erforderlichen Länge der Walze fortgesetzt und der Blaskopf sodann au der Trommel herausgezogen. Der Erstarrungsring wir durch eine Gabel gehalten; durch Ausschalten des Magnet stroms wird der Blaskopf gelöst. Nach dem Absprengen des Erstarrungsrings und der Kalotte steht eine Walze zu Verfügung, die man in üblicher Weise durch Aufsprengen in der Längsrichtung und Teilen in mehrere Segmente un Strecken dieser Segmentschalen weiter verarbeitet.

Der Fortschritt des Sievert-Verfahrens gegen über der Mundbläserei besteht im Ersatz vieler ge schulter Facharbeiter durch die Maschine un einige geschickte Maschinenführer, sowie in leich terem und schnellerem Strecken von Schalenseg menten gegenüber ganzen Walzen. Größere indu strielle Bedeutung hat das Verfahren nicht er langt. Es dürfte heute für die Herstellung vo Tafelglas schon verlassen sein.

Lubbers-Verfahren

Das Lubbers-Verfahren, das nach der Durch bildung durch die Window Glass Machine Co eine große Bedeutung gewann, deckt heute noch einen beträchtlichen Teil des amerikanischen Tafel glasmarktes. Auch in Frankreich und in Deutsch

lnd wurde das Verfahren, besonders bis zum Aus-
luch des Krieges, mit recht gutem wirtschaftlichem
l folge durchgeführt. Das Lubbers-Verfahren wird in
lzug auf das Mundblaseverfahren durch folgende Um-
inde gekennzeichnet; Beibehaltung der Pfeife, mit
r ebenfalls eine Walze, allerdings von größerer
nge und größerem Durchmesser, hergestellt wird,
d Streckung der Walze bzw. der Schalensegmente
e beim Sievert-Verfahren. Abweichend vom Sievert-
rfahren wird beim Lubbers-Verfahren die Walze nicht
t frei an der Walze hängendem Glasposten ausgeblasen,
ndern die Walze wird aus einem besonders geheizten
ehhafen gezogen. Das Lubbers-Verfahren bildet so ein
indeglied zwischen dem Blasen des Glases aus dem an
r Pfeife haftenden Glasposten und dem Ziehen des
ases unmittelbar aus der zähflüssigen Glasmasse.

Die wichtigsten Teile der Ziehvorrichtung und ihre
beitsweise zeigen Abb. 23 bis 28. Das Glas wird dem
annenofen mit einem großen Gießlöffel entnommen und
i den Ziehhafen ausgekippt. Der Ziehhafen ist zweiseitig
sgebildet. Er ist in zwei Zapfen drehbar gelagert und
nn genau wagerecht festgestellt werden. Abschließend
t dem Rand des Doppelhafens, ist ein Ofen angeordnet,
r mit Gebläsegasbrenner oder Ölbrenner beheizt wird.
ierdurch wird erreicht, daß während des Ziehens
r Walze das im oberen Teil des Hafens befindliche Glas
f derselben Temperatur und Zähigkeit gehalten wird
d daß der untere Teil des Ziehhafens von den Rück-
nden der vorher gezogenen Walze durch Ausschmelzen
stlos befreit wird. Das ausgeschmolzene Glas kann
rch die Öffnung in eine darunter befindliche Glastasche
ließen. Die Pfeife, die mit einem nach innen umge-
genen Rand versehen ist, wird mit dem unteren Ende
r senkrecht beweglichen Luftleitung leicht lösbar ver-
nden. Diese Luftleitung wird von einem Schlitten, der
zwei Führungen gleitet, getragen und durch ein Draht-
il in senkrechter Richtung bewegt. Die Winden mit elek-
tschem Antrieb, die diese Bewegung vermitteln, und die
ftzuführung zu den beweglichen Luftleitungen sind in
em kleinen Maschinenhaus über den Ziehmaschinen
geordnet. Die Regler für die Ziehgeschwindigkeit
wie für die Druckluftzufuhr sind in einem Steuerstand
mittelbar vor den Maschinen zu ebener Erde zusammen-
faßt, so daß ein Maschinist bis zu vier Maschinen gleich-
tig bedienen kann.

Der Arbeitsgang ist etwa wie folgt: Die bis zur Rot-
glut angewärmte Pfeife wird durch Senken des Schlit-
tens auf das in den Ziehhafen ausgegossene Glas auf-
gesetzt und soweit eingetaucht, daß das Glas in dem Rand
der Pfeife fest haftet. Nach dem Einschalten der Auf-
wärtsbewegung wird unter entsprechender Regelung der

Querschnitt — Längsschnitt — Schwimmdüse — Ziehvorgang — Glas

Abb. 29 bis 33. Vorrichtungen und Vorgang des Fourcault-Verfahrens

Ziehgeschwindigkeit und des Luftdrucks der Hals der
Walze geblasen. Ist der Hals fertiggestellt, so übernimmt
die Maschine nach Einstellung entsprechender Schalt-
griffe selbst das Fertigziehen der Walze bis zur ge-
wünschten Länge, indem mittels einer kegeligen Seil-
trommel an der Winde die Ziehgeschwindigkeit ent-
sprechend der trotz Beheizung zunehmenden Zähigkeit des
Glases gesteigert wird. Vielfach ist auch die Steigerung
des Luftdrucks selbsttätig durch das Windwerk herbei-
geführt worden. Hat die Walze die erforderliche Länge
erreicht, so wird sie dicht über dem Ziehhafen durch Be-
rührung mit einem angefeuchteten Eisen abgesprengt, und
der Ziehvorgang eingestellt. Die fertigen Walzen, die in
einigen Anlagen 70 bis 80 cm Dmr., neuerdings bis 130 cm
Durchmesser und Längen bis 13 m hatten, werden auf
einen Ablegebock gebracht. Hierbei wird das abgesprengte
Ende nach Umlegen einer asbestbewehrten Flacheisen-
schlinge, die an einer Seilbahn mit Rollen aufgehängt ist,
seitwärts geschwenkt, während das andre Ende mit der
Pfeife durch Senken der Ziehvorrichtung nach unten läuft.
Auf dem Ablegegestell wird die Pfeife durch einen elek-
trisch geheizten Draht abgesprengt und die lange Walze
auf gleiche Weise in kleinere Walzen, je nach der ge-
wünschten Länge, zerlegt. Wie schon oben gesagt, wer-
den die Walzenabschnitte zur leichteren Streckung noch-
mals in der Längsrichtung mit dem Diamanten in Halb-
schalen zerlegt.

Der wesentliche Vorzug des Lubbers-Verfahrens ist
die Möglichkeit, damit Tafelglas von jeder Dicke und von sehr
hoher Güte bei sehr geringem Lohnaufwand herzustellen.

Der Hauptnachteil des Lubbers-Verfahrens besteht
darin, daß an die Schmelzleistung des Ofens bedeutend
höhere Anforderungen gestellt werden. Damit werden
höhere Brennstoffkosten verursacht, weil durch die
Zwischenschaltung des Schöpf- und Gießvorgangs mit
seinen Rückständen in Löffel- und Ziehhafen fast das
Doppelte des Glases dem Wannenofen entnommen werden
muß, als die Walze selbst zu ihrer Herstellung an Glas-
masse erfordert.

Die Tafelziehverfahren

Die bisher beschriebenen Verfahren bedienen sich alle
der Walze, um auf diesem Umwege zur Tafel zu gelangen.
Naheliegend war daher das Streben vieler Erfinder, die
schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts bemüht waren,
Tafeln unmittelbar aus der flüssigen Masse zu ziehen.
Die hierbei sich in den Weg stellenden Schwierigkeiten
waren sehr groß. Erstens machte man bei den Versuchen
die Erfahrung, daß sich beim Ziehen der Tafel aus der
zähflüssigen Masse die Breite der Tafel dauernd vermin-
derte. Hervorgerufen wurde diese Erscheinung durch die
quer zur Tafelbreite wirkende Oberflächenspannung.
Zweitens mußte das Glasband sehr schnell erkalten, näm-
lich bevor es die den Ziehvorgang hervorrufenden Ma-
schinenteile berührte, da sonst der Glanz, die sogenannte
Feuerpolitur, verloren geht und die Tafel undurchsichtig
wird. Drittens mußte das ständig sich bildende Glasband
von großer Oberfläche in geeigneter Weise lange genug
von der Außenluft abgeschlossen bleiben, bis eine lang-
same Abkühlung das Vorhandensein von Kühlspannungen
im Glase ausschloß.

Nur zwei Verfahren haben sich aus der großen Zahl
mühseliger und langwieriger Versuche zu einer hohen
technischen Vervollkommnung und zu großer industrieller
Bedeutung entwickeln lassen, nämlich das Fourcault-
und das Colburn-Ziehverfahren.

Der größte Vorteil der Tafelziehverfahren gegenüber
den vorstehend beschriebenen Mund- und Maschinenblas-
verfahren ist die unmittelbare Bildung der Tafel aus der
zähflüssigen Masse ohne irgendwelche nachfolgende Ver-
arbeitungs- oder Umformungsarbeit und der damit ver-
bundene geringere Wärmekosten- und Lohnaufwand, ins-
besondere für Glasfacharbeiter.

Das Fourcault-Verfahren

Der Erfinder Fourcault ging bei der Ausbildung
seines Verfahrens von dem Grundgedanken aus, einen
Schwimmkörper in flüssiges Glas zu tauchen und das Glas

durch einen in diesem Körper angebrachten langen Schlitz herausquellen zu lassen. Das Glas sollte senkrecht über diesen Schlitz nach oben abgezogen werden. Durch das Ziehen und das gleichzeitige Nachquellen aus dem Ziehschlitz des Schwimmers entsteht ein Gleichgewichtzustand; dieser schaltet die Oberflächenquerspannung aus, infolge deren die Tafel, wie vorstehend erwähnt, immer schmaler werden würde.

Abb. 29 bis 31 zeigen die Schwimmdüse, von dem Erfinder „Debiteuse" oder „Etireuse" bezeichnet, Abb. 32 und 33 die eingetauchte Ziehdüse beim Ziehvorgang. In Abb. 34 bis 36 ist das Schema einer Gesamtanlage für die Herstellung von Tafelglas nach dem Fourcault-Ziehverfahren angegeben. Über der Ziehwanne, die durch einen Kanal mit der Schmelzwanne verbunden ist, sind je nach der Größe der Anlage vier bis zwölf Maschinen angeordnet. Der Raum der Ziehwanne unter einer jeden Maschine, Ziehkammer genannt, ist durch dichte Wände, die 10 bis 20 cm in das Glas eintauchen, abgeschlossen, Abb. 34. Durch diese Trennung entstehen zu beiden Seiten der Ziehkammer Heizkammern, durch die während des Ziehvorganges Heizgase strömen, um die Abkühlungsverluste, die das Glas auf dem Wege zu den einzelnen Maschinen erleidet, auszugleichen, und um das Glas auf der zum Ziehen geeigneten Temperatur und Zähigkeit zu halten. In jeder Ziehkammer liegt eine der oben genannten Ziehdüsen.

Abb. 34 bis 36. Schema einer Gesamtanlage nach Fourcault

Abb. 35 bis 36 Ziehwanne mit Zieh maschine, Zieh- un Heizkammern sowie Verbindungskanäle

Die Ziehmaschinen bestehen aus einem rechteckigen, gußeisernen, rd. 6,5 m hohen Schacht. Der Maschinenschacht, der an allen vier Seiten mit dicht verschließbaren Klappen versehen ist, trägt die zur Ausübung des Ziehvorgangs dienenden Asbestwalzen. Von diesen Walzen sind 16 bis 18 Paare übereinander angeordnet. Während die Walzen der einen Seite, mittels Kegelräder und gemeinsamer senkrechter Welle angetrieben, fest gelagert sind, werden die Walzen der andern Seite durch Zahnräder von den Gegenwalzen aus angetrieben und sind schwingend in Winkelhebeln gelagert. Der Anpreßdruck der beweglichen Walzen wird durch Gewichte auf den Winkelhebeln so eingestellt, daß er für das Hindurchziehen des in der Maschine befindlichen Glasbandes und zur Überwindung der Widerstände des Ziehvorgangs ausreicht. Am unteren Teil der Maschine ist die Eindrückvorrichtung angebracht. Sie ermöglicht durch Schraubenspindel, Winkelhebel und Rohre, die in die Ziehkammer eingeführt sind, die Ziehdüse während des Ziehvorgangs gleichmäßig in das Glas eingetaucht zu halten. Der Arbeitsvorgang verläuft etwa wie folgt: Zur Einleitung des Ziehvorgangs wird durch Rückwärtsschalten des Antriebes ein Fangstück, das aus Flacheisen hergestellt ist und den Querschnitt einer normalen Tafel zeigt, in den Schlitz der Ziehdüse eingeführt. Darauf werden zu beiden Seiten des Schlitzes über der Ziehdüse von Wasser durchflossene, flache Rohre eingelegt, die das beim Ziehen und Eindrücken der Ziehdüse aus dem Schlitz hervorquellende Glas scharf abkühlen. Die Ziehdüse wird dann mittels der Eindrückvorrichtung so tief in das Glasbad eingetaucht, daß ein Glaswulst aus dem Schlitz hervorquillt. Hierauf setzt man die Maschine in Gang. Das Fangstück wandert dann mit dem Glasband, das an ihm haftet und sich aus dem aus der Ziehdüse hervorquellenden Wulst ergänzt, langsam zwischen den Asb walzen durch den Schacht der Maschine, worin s gleichzeitig die Kühlung vollzieht. Nachdem das Fangst oben aus der Maschine entfernt ist, wird das nun end aus der Maschine heraustretende Glasband mit Stahlrol auf die gewünschten Längen eingeschnitten und abgeb chen. Infolge der seitlichen Verjüngung des Ziehschlitz Abb. 30, Längsschnitt, und der dadurch entstehenden st keren Abkühlung bilden sich an den Rändern des Gl bandes Verstärkungen, „Borde" genannt, die für die In haltung der Breite des Glasbandes notwendig sind gleichzeitig dem verhältnismäßig dünnen Glasband größ Steifigkeit verleihen. Wenn das Ziehen einer Masch durch Abreißen des Glasbandes unter der untersten W unterbrochen wird, so muß zunächst die Ziehkammer, ja tagelang ohne jede Beheizung von außen war, wie aufgeheizt werden. Bei dieser Gelegenheit werden die letzten Ziehen herrührenden Tafelreste aufgeschmol was etwa 4 bis 6 Stunden, je nach der Beheizungseinr tung, in Anspruch nimmt. Darauf wird mit dem Zieh gang, wie oben gezeigt, von neuem begonnen.

Die gleichmäßige Breite des erhaltenen Glasbandes durch die Länge des Schlitzes der Ziehdüse gegeben. Dicke des Glases ist bei unveränderter Temperatur Zähigkeit abhängig von der Ziehgeschwindigkeit. D schwankt bei einfacher Dicke (rd. 2,2 mm) zwischen und 0,8 m/min. Um den Ziehvorgang ohne Unterbrech fortsetzen zu können, ist eine vollkommene Beherrsch der Temperaturen unbedingt erforderlich. Zunächst durch peinlichste Überwachung der beiden an die Z kammer anschließenden Heizkammern und Regelung il Beheizung dafür gesorgt werden, daß das Glas der schine stets mit der erforderlichen gleichbleibenden T

ratur zufließt. Jede Temperaturänderung ft eine Änderung der Zähflüssigkeit hervor d stört den oben erwähnten, zum Ziehen der fel erforderlichen Gleichgewichtzustand. enso wichtig für ein Ziehen ohne Unterchung ist die Beobachtung der Temperatur Maschinenschacht. Da das Glasband mit ner großen Oberfläche verhältnismäßig nell in dem kurzen Maschinenschacht durch kritische Temperatur hindurchgeht, in der h die Feinkühlung vollzieht, d. h. in welcher h schädliche Spannungen ausgleichen könn, so muß darauf geachtet werden, daß das mperaturgefälle genau entsprechend der Temratur des durchlaufenden Glasbandes gehalten rd und seiner Geschwindigkeit und Dicke anpaßt ist. Die Temperatur im Maschinenschacht nn durch Öffnen und Schließen der an den Maschinen gebrachten Klappen geregelt werden, da man durch Beflussung der Kaminwirkung des Schachtes die Wärme, im Schacht aufsteigt, an jedem beliebigen Punkt stauen nn. Zur Bedienung der Maschine eignet sich jeder aufweckte ungelernte Arbeiter, obwohl aus betriebstechchen Gründen die Verwendung von einigen gelernten ndwerkern erwünscht ist. Irgendwelche Glasfacheiter, die stets höhere Löhne als andre Arbeiter erten, sind nicht erforderlich. Außerdem verringert sich Kopfzahl der Produktivarbeiter bei gleicher Erzeugsmenge auf ¼ bis ⅕ gegenüber der Mundbläserei. das Glas die Maschine fertig verläßt und jede Weiterarbeitung am Feuer wegfällt, ist der Gesamtwärmeaufnd bedeutend kleiner. Die Leistung einer Maschine wankt je nach der Maschinenbreite (1300 bis 1700 mm) schen 800 und 1200 m² in 24 h bei gewöhnlicher Glaslie.

Das Colburn-Verfahren

Das Colburn-Verfahren, auch Libby-Owens-Verfah genannt, das fast gleichzeitig mit dem Fourcault-Verren entwickelt wurde, beginnt in letzter Zeit auch auf europäischen Festland sich auszubreiten. In Amerika es zu großer Bedeutung gelangt, nachdem die Libby ens Shett Glass Comp. zur Ausnutzung des Verfahrens gründet worden war. Die Hauptunterschiede zwischen Fourcault-Verfahren und dem Colburn-Tafelziehverren sind folgende: Während beim Fourcault-Verfahren Glasband aus dem Schlitz der Ziehdüse gezogen wird, t die Colburn-Maschine das Glasband unmittelbar aus Bad des Ziehtroges. Beim Fourcault-Verfahren wird Glasband senkrecht ohne Richtungsänderung durch Kühlschacht der Maschine gezogen, während bei der burn-Maschine das Glasband kurz nach seiner Bildung eine Walze rechtwinklig umgebogen wird, um dann ch einen langen, hinter der Maschine liegenden Kühlal zu laufen, Abb. 37.

Die Randverstärkungen, Borde genannt, die, wie oben eigt, beim Ziehen zur Aufrechterhaltung der gleichen elbreite erforderlich sind, werden bei der Colburnchine dadurch gebildet, daß diese Borde unmittelbar der kälteren Wand des Ziehofens gezogen und gleichg durch zwei mit Federn zusammengepreßte wasserihlte kleine Walzen dünner gewalzt werden. Diese zen werden so angetrieben, daß ihre Umfangsgeschwineit geringer ist als die Ziehgeschwindigkeit, wodurch Zug entgegengesetzt der Ziehrichtung auf die Borde eübt wird. Um die neugebildete Tafel gegen die Strah des Glasbades zu schützen und genügend abzun, sind zu beiden Seiten wassergekühlte Metallrme angebracht, deren Abstand veränderlich ist.

Die kritischste Stelle der Colburn-Maschine ist die ewalze, bei der das Glasband um 90° umgelenkt wird. Biegewalze ist aus einer Chrom-Nickellegierung herellt und hochglänzend poliert. Unmittelbar an der ewalze, nach erfolgter Umlenkung, wird das Glasband einer ganzen Breite stark beheizt, damit es wieder ebene Form annimmt. Hinter der Biegewalze rbeitet der Antrieb des Glasbandes, ein endloses Förder, dessen unterer Teil durch eine Unterlage genau eben gehalten wird, und dessen oberer Teil, eine Schleppkette, lose auf den dicken Borden aufliegt. An die Zugeinrichtung schließt sich der 60 bis 100 m lange Kühlkanal an, worin das Glasband durch angetriebene Asbestwalzen weiterbefördert wird, um langsam spannungsfrei abgekühlt zu werden. Der Ziehvorgang wird ähnlich wie beim Fourcault-Verfahren mit einem der Breite des Glasbandes entsprechenden Fangstück eingeleitet.

Abb. 37. Colburn-Verfahren

An einen Wannenofen werden gewöhnlich zwei Maschinen angeschlossen. Die Breite des gezogenen Glasbandes beträgt in der Regel 1,7 bis 1,8 m und die Ziehgeschwindigkeit bei einfacher Glasdicke etwa 1,5 m/min. Die Leistung einer Maschine schwankt je nach der Breite zwischen 2800 und 3000 m² in 24 h.

Durch die größere Leistung einer Maschineneinheit ist die Kopfzahl des Bedienungspersonals beim Colburn-Verfahren noch geringer als beim Fourcault-Verfahren. Der Wärmeaufwand ist etwas größer, da der vordere Teil des langen Kühlkanals geheizt werden muß.

Vergleich der verschiedenen Verfahren

In Abb. 38 ist die Anzahl der Produktivlohnstunden und der Wärmeaufwand in kcal auf 1 m² bei den einzelnen Verfahren der Größenordnung nach dargestellt. — Die Tafelziehverfahren haben vor den Walzenziehverfahren außer größerer Wirtschaftlichkeit noch den Vorzug, daß das damit hergestellte Tafelglas ganz gleichmäßig dick und vollkommen eben ist. Das mit dem Fourcault-Verfahren erzeugte Glas ist überdies auf beiden Seiten glänzend, d. h. es hat Feuerpolitur, da das Glasband erst in vollkommen erstarrtem Zustand mit dem ersten festen Körper in Berührung kommt.

Eine große Zahl in letzter Zeit angemeldeter Patente, betreffend die Herstellung von Tafelglas durch Ziehen aus der flüssigen Glasmasse, deuten darauf hin, daß die Entwicklung der Tafel-Ziehverfahren noch nicht zum Abschluß gelangt ist. [B 2313]

Abb. 38. Produktivlohnanteil und Brennstoffaufwand bei den verschiedenen Verfahren

Bedeutung der hydrodynamischen Lagerreibungstheorie für die Praxis

Von Dr.-Ing. S. Kießkalt, Berlin[1])

Die Hauptergebnisse der Lagerreibungslehre werden erörtert und in eine Rechentafel zusammengefaßt. Die drei wichtigsten Vernachlässigungen: Einfluß der Lagerlänge, gleichbleibende Zähigkeit und Verformung des Lagers, werden besprochen und auf noch offene Fragen der Vollschmierung wird hingewiesen. Der Einfluß des Druckes und der Temperatur auf die Ölzähigkeit wird auf Grund eigener Messungen behandelt; Bedeutung der Druckzähigkeit für den Schmiervorgang, insbesondere beim Ausklinken. Überblick über einige physikalisch-chemische Fragen der Teilschmierung und der Ölerzeugung und -prüfung nach ihrem heutigen Stande.

Einleitung

Vor 40 Jahren erkannte Tower, daß die Vorgänge im Schmiermittel zwischen Zapfen und Lagerschale hydrodynamischer Art sind. Danach hat Reynolds, auf den Versuchen von Tower aufbauend, 1886 die Lagerreibung berechnet[2]). Von den drei Fragen, die die Praxis an die Theorie stellt, nämlich

1. nach der Bauart,
2. nach dem Kraftbedarf und
3. nach der zulässigen Beanspruchung eines Lagers,

sind die ersten beiden von Reynolds, wenn auch nicht erschöpfend, so doch grundsätzlich richtig beantwortet worden. Aber nicht einmal seine erste Erkenntnis, daß die üblichen Schmierspinnen den Schmiervorgang schädigen und nur axiale Schmiernuten in unbelasteten Teilen der Schale einwandfrei sind, ist bis heute von der Praxis voll übernommen. Diese Zurückhaltung erklärt sich einmal daraus, daß die mathematischen Schwierigkeiten der Frage nicht unerheblich sind, zum andern aber, daß die Kenntnis hydrodynamischer Ansätze noch immer sehr wenig verbreitet ist. Diese Tatsachen sind aber auch daran schuld, daß es bislang nicht gelungen ist, einen allgemein brauchbaren Ansatz für die Berechnung der zulässigen Lagerbeanspruchungen anzugeben.

Mehr als die jahrelang vergessenen englischen Arbeiten aus den achtziger Jahren wurden die Versuche von Stribeck[3]) um die Jahrhundertwende beachtet, die trotz verschiedener Mängel neben denen von Lasche[4]) und von v. Freudenreich[5]) wohl die einzigen sind, die auch heute noch unbestreitbare Bedeutung haben.

Eine geschlossene Darstellung der gesamten in Frage kommenden Ansätze und eine Zusammenstellung des gesamten einschlägigen Schrifttums enthält das erst 1925 erschienene Buch „Reibung und Schmierung im Maschinenbau" von Gümbel-Everling. Ein Werk von Falz[6]) aus dem letzten Jahre berücksichtigt mehr die praktische und konstruktive Seite, die rechnerischen Ansätze erwecken teilweise Bedenken. Die Konstruktionsregeln der allermeisten Ingenieurhandbücher sind durchaus veraltet. Sie bauen auf den alten Zeunerschen Ansätzen auf, die die Wärmeentwicklung im Lager dem Produkt

$$\text{Lagerdruck} \times \text{Umfangsgeschwindigkeit} = p\,v$$

verhältnisgleich setzen. Dementsprechend sind die zu wählenden Lagerbeanspruchungen je nach der als zulässig angenommenen Temperatur und der Wärmeableitungsfähigkeit des verwendeten Lagers abgestuft. Folglich kommen dann in den entsprechenden Zahlentafeln nur das Metall des Zapfens und des Lagers vor, während der dritte und wichtigste Teil, das Öl, überhaupt nicht erwähnt wird.

Die Vollschmierung und ihre Berechnung

Im folgenden sollen die hauptsächlichsten Ergebnisse der neuzeitlichen Lagerreibungslehre an der Hand der Abb. 1 kurz dargestellt werden. Läuft ein Lagerzapfen an, so ist zunächst die sehr hohe Haftreibung, entsprechend $\mu = \mu_{\text{Ruhe}}$, zu überwinden. Die auch bei der besten Bearbeitung vorhandene Rauheit von Zapfen und Schale führt dazu, daß sich die höchsten Zacken und Kuppen berühren und so einen hohen Widerstand ergeben, während der Zapfen entgegen dem Drehsinn in der Lagerschale hochzuklettern (hinaufzurollen) versucht.

Mit wachsender Drehzahl wird allmählich der Ölfilm dicker, bis schließlich die Zacken nicht mehr aneinanderstreifen und der „Ausklinkpunkt" erreicht ist. Von hier ab gelten dann für alle größeren Drehzahlen rein hydrodynamische Gesetze, die in der Lehre von der „Vollschmierung" behandelt sind[7]). Ihre Ergebnisse habe ich nach Gümbels Berechnungen für das halbumschlossene Lager in ein Nomogramm zusammengefaßt, Abb. 2. Es bedeutet, Abb. 3:

- η die Zähigkeit des Schmiermittels $\left[\frac{\text{kg s}}{\text{m}^2}\right]$,
- n die Drehzahl [Uml./min],
- p die mittlere Lagerbelastung [kg/cm²],
- $\psi = \frac{R - r}{r}$ das relative Lagerspiel von Schale und Zapfen,
- $\chi = \frac{a}{R - r}$ die relative Exzentrizität,
- φ_1 den spitzen Winkel zwischen dem wagerechten Schalendurchmesser und der Verbindungslinie des Zapfen- und Lagerschalenmittels, die durch die engste Stelle des Schmierfilms geht.

χ und φ_1 bestimmen eindeutig die Gestalt des Schmierfilms, die nach den Lehren der Vollschmierung durch die unbenannte Größe $\psi^2 \frac{p}{\eta\, n}$, und für ein und dasselbe Lager durch $\frac{\eta\, n}{p}$ gegeben ist. Man kann sich diese Modellregel durch die Überlegung klar machen, daß der Schmierfilm mit abnehmender Zähigkeit, mit abnehmender Drehzahl oder aber mit zunehmender Lagerpressung dünner werden muß.

Für je drei Betriebzustandsgrößen η, n und p stellt sich in einem Lager (ψ = konst.) eine ganz bestimmte Form des Films ein, und zwar durchwandert der Mittelpunkt des Zapfens bei stets gleichem η und p mit von null bis unendlich anwachsender Drehzahl n sehr angenähert den in Abb. 3 eingezeichneten Halbkreis. Falz hat diese Tatsache benutzt, die vorteilhaft zur Ableitung einfacher Gleichungen verwendet werden kann, wie Stodola und Hummel gezeigt haben[8]). Die strengen An-

Abb. 1 Lagerreibungszahl und Drehzahl

[1]) Nach einem im Mechanischen Seminar der Technischen Hochschule Karlsruhe (Leiter Prof. K. von Sanden) gehaltenen Vortrag.

[2]) Vergl. O. Reynolds, Theory of Lubrication, Phil. Transact. Roy. Soc. of London 1886 Teil I.

[3]) Forschungsarb., herausgeg. vom V. d. I., Heft 7.

[4]) Vergl. Z. Bd. 46 (1902) S. 1881, 1932 und 1961; Forschungsarb. Heft 9.

[5]) Vergl. BBC-Mitteilungen Bd. 5 (1918) Heft 1 bis 4.

[6]) Grundzüge der Schmiertechnik, Berlin.

[7]) Duffing zeigte 1924 in der Z. f. ang. Math. u. Mech. Bd. . S. 296 u. f., daß eine Reihe von Randbedingungen in den Reynoldsschen und Gümbelschen Ableitungen einer strengen Kritik nicht standhalten können. Sie liefern jedoch trotzdem, wie an Hand der strengen Ableitungen gezeigt wird, für die praktischen Fälle genügend genaue Beziehungen.

[8]) Vergl. Hummel, Kritische Drehzahlen als Folge der Nachgiebigkeit des Schmiermittels im Lager. Forschungsarb. Heft 287

Abb. 2

Nomogramm zur Berechnung des halbumschlossenen Lagers (nach Gümbel-Everling, „Reibung und Schmierung im Maschinenbau", 1. Aufl., Zahlentafel 32)

Anwendungsbeispiel: Gegeben Lager mit $\eta = 0{,}01$ kg s m^{-2} (*I*) $n = 600$ Uml./min (*II*) $p = 30$ kgcm^{-2} (*III*) $\psi = 0{,}0025$ (*VI*)

ergibt $\chi = 0{,}63$ (*VII*) mit $\frac{\mu}{\psi} = 0{,}88$ (*b*) und $\mu = 0{,}0022$ $\varphi_1 = 38^0$ (*a*) $p_e/p = 1{,}8$ (*c*) $p_g = 54$ at

sätze erfordern zu ihrer Lösung meist recht verwickelte Rechnungen oder zeichnerische Integration und führen zu unübersichtlichen Ergebnissen.

Nun ist — das zweite grundlegende Ergebnis der hydrodynamischen Lagerreibungslehre — die die Lagerreibungszahl kennzeichnende Größe $\frac{\mu}{\psi}$ nur von der Gestalt des Schmierfilms, oder mit andern Worten, nur von der relativen Exzentrizität χ abhängig. Diese aber ist nach obigem für jeden aus den drei Betriebsbedingungen aufgebauten Kennwert $\frac{\eta\, n}{p}$ für ein und dasselbe Lager oder $\psi^2 \frac{p}{\eta\, n}$ für verschiedene Lager eindeutig bestimmt.

Das Nomogramm, Abb. 2, zur Berechnung der Lagerreibung ist demnach eine einfache Multiplikationstafel mit logarithmisch geteilten Leitern für η, n, p und ψ, an deren Schlußskala statt des Produktes $\psi^2 \frac{p}{\eta\, n}$ die eindeutig zugeordneten Werte der relativen Exzentrizitäten χ angeschrieben sind. Über jeden Wert von χ ist noch in ein rechtwinkliges Koordinatennetz das Verhältnis $\frac{\mu}{\psi}$ zur Ermittlung der Reibungszahl, das praktisch wichtige Verhältnis $\frac{p_g}{p}$ zwischen Höchstdruck p_g und mittlerer Lagerpressung und schließlich φ_1 eingetragen, da alle Vorgänge im Schmierfilm ausschließlich durch die Größe χ bestimmt sind. Ein Anwendungsbeispiel ist in die Rechentafel eingezeichnet.

Abb. 3

Beziehungen am halbumschlossenen Lager

Die Bewegung des Lagerzapfens wurde von V. Vieweg[9]) in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf zweierlei Art gemessen. Seine Ergebnisse stimmen gut mit den Berechnungen überein. Die Frage selbst ist praktisch wichtig, da die Ermittlung der relativen Exzentrizität außerordentlich eng mit den Erwägungen über die Sicherheit und über die Wahl des Betriebspunktes bei der Bemessung des Lagers zusammenhängt.

Stodola und Hummel zeigen z. B. rechnerisch auf Grund dieser Beziehungen, also ohne Verwendung eines Nomogramms, daß durch dynamische Vorgänge im Lager bei relativen Exzentrizitäten $\chi > 0{,}7$ (sogenanntes stabiles Gebiet) zwei kritische Drehzahlen auftreten können, von denen die zweite recht gefährlich ist. Die Nachrechnung dieser in der Praxis als „Tanzen" gefürchteten Erscheinung ist ein weiterer Beweis für die Wichtigkeit der neuzeitlichen Lagerreibungslehre. Die außerordentlich wertvolle Arbeit gibt Mittel und Wege zur Vermeidung dieser Schwierigkeit an.

Mit dem Nomogramm, Abb. 2, können nun scheinbar alle Fragen der Schmiertechnik bei gegebenen Betriebsverhältnissen p und n leicht beantwortet werden. Man kann ermitteln, welche Zähigkeit zweckmäßig ist, welches Lagerspiel ψ der Werkstatt vorgeschrieben werden muß und welche Vorgänge sich dann im Schmierfilm abspielen. Demnach ist es nur noch erforderlich, die Voraussetzungen der Theorie nachzuprüfen.

[9]) Vergl. „Petroleum" Bd. 18 (1922) H. 34.

Abb. 4
Axialer Druckverlauf

Die Voraussetzungen der Theorie, Druckzähigkeit und Temperatureinfluß

Für fast alle Rechnungen wurde bisher angenommen, die Lagerlänge L sei unendlich groß. Auch in Abb. 2 ist der Einfluß des Seitenverlustes vernachlässigt, der dadurch entsteht, daß die Drücke im Schmierfilm meßbare Mengen Öl aus den seitlichen Lagerspalten herausdrücken. Diese Erscheinung hat nun offenbar ein Absinken des Zapfenmittels zur Folge, das sich in dieser Rechentafel durch eine Verschiebung und Verzerrung der χ-Teilung ausdrücken müßte. Damit ist weiterhin eine Vergrößerung des Reibungsbeiwertes verbunden, da nun der Zapfen eine größere Ölmenge auf Druck bringen muß, als der tatsächlichen relativen Exzentrizität entspricht.

Einige Sonderfälle wurden in neuerer Zeit von Michell[10]), Kucharski[11]) und Nußelt[12]) berechnet, ohne daß ihre Ergebnisse allgemeine Schlüsse auf die praktisch wichtige Frage des Segmentlagerblöckchens oder der zylindrischen Lagerschale zulassen. Gümbel hat diese Lücke zweimal durch Beifügung von Verbesserungsbeiwerten zu den rechnerischen Reibungszahlen zu schließen versucht. Den älteren Verbesserungswert $\frac{4D+L}{L}$ hat auch Falz in sein Buch übernommen, doch scheint es, daß dieser Wert zu groß ist. Vor allem aber läßt er keine Rückschlüsse auf die Lage des Zapfenmittels zu.

Gümbels zweite Annahme, die sich auch in dem oben angeführten Buch findet, baut darauf auf, daß der Druck im Lager in axialer Richtung unter dem Einfluß des Seitenverlustes nach einer Cosinuslinie verteilt ist, Abb. 4. Auf Grund dieser Annahme und verschiedener andrer Mittelwertschlüsse wird der Wert der Lagerbelastung p verbessert in die Rechnung eingeführt. Das ganze Verfahren ist, wie Duffing[13]) gezeigt hat, an verschiedenen Punkten angreifbar. Es scheint auch, daß die Cosinusannahme nicht allgemein haltbar ist; denn nach Messungen von Tower und Lasche, Abb. 4, hängt der Druck von ψ und η ab. Die Frage der Druckverteilung ist also durchaus offen. Zahlenmäßig dürfte die Verbesserung für μ nach den spärlichen vorliegenden Messungen bis auf Werte von 100 vH anwachsen.

Außerdem setzt die Theorie stets voraus, daß die Zähigkeit des Schmiermittels längs des Schmierfilms stets gleich bleibt. Auch die älteren Forscher bis zu Stribeck begnügten sich damit, einfach die Temperatur im Ölsammelraum zu messen. Erst Lasche ging 1902 darüber hinaus, indem er bei dieser und allen folgenden Arbeiten die Temperaturverteilung längs der Schale mittels eingelöteter Thermoelemente maß. Er stellte Temperaturanstiege bis 20° längs der Unterschale fest, die von n, p, ψ, der Spülölmenge, Art der Ölzufuhr und der Eintuschierung des Zapfens im Lager abhängig sind[14]). Ähnliche Werte wurden auch bei den Versuchen von 1917 von Brown, Boveri & Cie. an Drucksegmenten ermittelt.

Wenn nun z. B. eine mittlere Lagertemperatur von 50° gemessen wurde, so kann die niedrigste Temperatur des Schmierfilms etwa 40°, die größte aber etwa 60° betragen haben. Die Zähigkeit der meisten Schmieröle geht aber bei einer Erwärmung von 40 auf 60° etwa auf die Hälfte zurück, so daß also die den Rechnungen zugrunde gelegte Zähigkeit für die mittlere Temperatur von 50° ein außerordentlich unsicherer Ansatz ist. Dabei ist noch zu bemerken, daß wahrscheinlich auch noch die letzten Messungen von Lasche mit wesentlichen Unsicherheiten behaftet sind.

Die Thermoelemente waren in die Weißmetall-Laufflächen von außen eingelötet, so daß sicherlich auch in den Drähten der Elemente Wärme nach der Lötstelle geleitet worden ist. Es war also nicht einmal die Wandtemperatur genau gemessen, geschweige denn die Temperatur des Films, die auch noch von dem Wärmezustand des Zapfens her beeinflußt wird.

Weiter hat der amerikanische Schmiermittel-Ausschuß gelegentlich seiner Versuche an Schneckengetrieben in England durch Hyde 1920 Messungen über den Einfluß hoher Drücke auf die Zähigkeit von Schmierölen vornehmen lassen, die dann 1922 von Hersey fortgesetzt worden sind. Diese Versuche haben nun gezeigt, daß die Zähigkeit sehr stark vom Druck abhängt, sie sind aber leider zu wenig planmäßig angelegt, als daß sie allgemeinere Schlüsse zuließen.

Ich habe nun bei planmäßigen Versuchen über den Einfluß der Drücke auf die Zähigkeit[15]) gefunden, daß diese beim Drucke p verhältnisgleich einem Faktor

$$K = a^p = e^{\ln a \cdot p} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

wächst. Auch die Versuche Hydes und Herseys folgen im ganzen diesem Gesetz, das der Aufmerksamkeit früherer Forscher entgangen ist. Untersucht wurden neun Mineralöle sowie fünf fette Öle und Teeröle bei Drücken bis 800 kg/cm² und drei Temperaturen von 20 bis 80 °C. Hiernach ist die Zähigkeit bei 500 kg/cm² etwa 2 bis 5mal so groß wie bei Normaldruck. Die fetten Öle waren weniger druckempfindlich, außerdem nahm die Größe a stets mit zunehmender Temperatur ab. Es stellte sich dabei heraus, daß die Druckempfindlichkeit, gekennzeichnet durch die Druckzähigkeitszahl a, mit der Abhängigkeit der Zähigkeit von der Temperatur t verknüpft ist. Diese kann nach meinen Untersuchungen gleichfalls durch ein Exponentialgesetz:

$$\eta = \eta_{\max}\, b^{-\sqrt{t-\Theta}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2),$$

sehr genau dargestellt werden. Hierin sind $\eta_{\max}$, die Temperaturzähigkeitzahl b und Θ Stoffwerte jedes Öles[16]), die aus drei Messungen für drei Temperaturen abgeleitet werden können. Wenn als höchster Wert dabei die meßtechnisch keinerlei Schwierigkeiten verursachende Temperatur von 80° gewählt wurde, so galten die Gleichungen noch bis etwa 150°. Aus den Untersuchungen ist noch zu folgern, daß die Abhängigkeit der inneren Reibung der Öle von Druck und Temperatur in Form eines Exponentialgesetzes wahrscheinlich einem Naturgesetz entspricht[17]).

Mit Hilfe dieser Exponentialfunktion ist es möglich, die Veränderlichkeit der Zähigkeit im Schmierfilm zu berechnen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß in vielen Betriebsfällen die Verringerung der Zähigkeit durch Temperaturzunahme längs des Schmierfilms einigermaßen von der Drucksteigerung ausgeglichen wird. Nach Abb. 2 beträgt z. B. bei einer Exzentrizität $\chi = 0{,}9$ der Höchstdruck in der Schmierschicht rechnerisch das Dreifache der mittleren Lagerpressung. Ist diese gleich 70 kg/cm², so beträgt der höchste Schmierschichtdruck 210 kg/cm², dem eine Zähigkeitsvermehrung von etwa 50 bis 60 vH für gebräuchliche Öle entspricht. Auf jeden Fall ist klar, daß z. B. eine Nachrechnung von Spurlagerversuchen mit 500 kg/cm² Lagerpressung mit den bekannten Ansätzen vollkommen wertlos ist. Aber auch schon bei wesentlich kleineren

[10]) Vergl. Z. f. Math. u. Phys. Bd. 52 (1905) S. 123.
[11]) Vergl. Z. f. d. ges. Turb.-Wesen Bd. 13 (1916) S. 297 und Bd. 15 (1918) S. 53.
[12]) Vergl. Jahrbuch d. Schiffbautechn. Gesellschaft 1917 S. 304.
[13]) Vergl. ETZ Bd. 46 (1925) S. 1865.
[14]) Lasche, Konstruktion und Material im Bau von Dampfturbinen und Turbodynamos, Berlin 1926.

[15]) „Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Oelen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik“ (Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Techn. Hochschule Karlsruhe) 1926 genehmigte Dissertation Berichter: Prof. Dr.-Ing. R. Plank, Mitberichter Prof. W. Spannhake. Forschungsarb., herausgeg. vom V. d. I., Heft 291. Die experimentelle Arbeit des Verfassers über Druckzähigkeit wurde mit Mitteln der Deutschen Notgemeinschaft und des Vereines der Hochschulfreunde Karlsruhe durchgeführt, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei.
[16]) Θ kann meist gleich null gesetzt werden.
[17]) In diesem Arbeitsabschnitt wurde ich in dankenswerter Weise von den Herren Dr. Klever, Mauch und Fuhr im Bitumenchemischen Laboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe unterstützt.

Drücken muß die Nachrechnung in der Nähe des Ausklinkpunktes versagen, wie später gezeigt wird.

Eine dritte Gruppe von Erscheinungen wird sich der strengen Behandlung durch die Lagerreibungslehre voraussichtlich immer entziehen: es sind das die Einflüsse der elastischen Verformungen des Zapfens und der Lagerschale durch die äußeren Kräfte und die Schmierfilmdrücke. Es ist also noch viel Kleinarbeit erforderlich, damit diese drei bislang vernachlässigten Einflüsse geklärt werden.

Ausblick auf die praktische Lagerberechnung

Für Spurlager hat v. Freudenreich bei den BBC-Versuchen 1917 nachgewiesen, daß sich die drei oben geschilderten Einflüsse in den Verbesserungsbeiwert $(1+0{,}14\sqrt{p})$ für die Reibungszahl μ zusammenfassen lassen, der also nur von $\sqrt{p}$ abhängt.

Ob sich ein ebenso einfacher Verbesserungswert für Zapfenlager ermitteln läßt, werden Versuche an der großen Lagerreibungsmaschine des Maschinenlaboratoriums Karlsruhe in absehbarer Zeit zeigen. Allerdings genügt für die Beurteilung eines Gleitlagers die Kenntnis der genauen Lagerreibungszahl allein nicht, man muß auch die wirkliche Lage des Zapfenmittels in der Lagerschale für jeden Betriebzustand berechnen können. Das Viewegsche Gerät erleichtert diese Versuche sehr. Ist diese Frage gelöst, so kann der Versuchsingenieur ohne weiteres auf Grund einer Temperaturmessung den Energieverlust in den Lagern einer Turbomaschine nachrechnen.

Für eine neue Maschine ist die Berechnung schwerer. Man muß hier zuerst ermitteln, welche Temperatur das Lager im Beharrungszustand erreicht. Dazu gehört einmal die Kenntnis der gesamten Kühlleistung, die die Strahlung und möglichenfalls die Lüftungswirkung von Schwung- und Laufrädern mit umfaßt. Die Ermittlung dieser Größe, die unter Umständen von der Übertemperatur abhängig ist, ist grundsätzlich immer möglich, was Lasche gezeigt hat. Sie betrug bei einem seiner Versuchslager z. B. $0{,}02\,\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\,\text{h}\,{}^\circ\text{C}}$, bezogen auf die Gleitfläche und den Temperaturunterschied zwischen Ölraum und Außenluft.

Auf Grund von Gl. (2) für die Abhängigkeit der absoluten Zähigkeit von der Temperatur kann nun der Lagerreibungsbeiwert bei gleichbleibender Umlaufzahl und gleichem Druck leicht als Funktion der Temperatur für das verwendete Öl dargestellt werden. Damit ist auch gleichzeitig die bei jeder Temperatur in der Zeiteinheit freiwerdende Wärmemenge bekannt, die im Beharrungszustand gleich der Kühlleistung ist.

Sobald also der hier ausschlaggebende Beiwert der Reibungszahl bekannt ist, können die gesamten mit der Lagerreibung zusammenhängenden Berechnungsfragen in einigen Nomogrammen oder Kurvenblättern dargestellt werden und werden dann Allgemeingut jedes Berechnungsingenieurs sein.

Zu der üblichen $p\,v$-Berechnung ist noch folgendes zu bemerken: Nach der älteren Theorie soll dieses Produkt der im Beharrungszustand erzeugten Wärmemenge verhältnisgleich sein. Man kann die Reibungszahl für ein gegebenes Lager angenähert ausdrücken durch

$$\mu = \text{konst}\sqrt{\frac{\eta\,v}{p}}\,,$$

indem man statt der Drehzahl die Zapfenumfangsgeschwindigkeit v in die auf S. 218 erläuterte Modellregel $\frac{\eta\,n}{p}$ einführt.

Damit wird die Reibungsleistung $= \text{konst}\sqrt{\frac{\eta\,v}{p}}\;p\,v$, d. h. die Arbeit des Lagers und damit die erzeugte Wärme ist dann verhältnisgleich $\sqrt{p\,v^3}$. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser schon bei Freudenreich zu findenden Überlegung kann in einem Gutachten Prof. Kammerers über ein Lagermetall gesehen werden. Im Berliner Prüfstand wurde das betreffende Versuchslager der Reihe nach mit verschiedenen Belastungen p betrieben und jeweils eine Umfangsgeschwindigkeit v aufgesucht, mit der das Lager bei unveränderter Schmierung die gleiche Beharrungstemperatur erreichte. Die in Frage kommenden Ergebnisse für Vollschmierung sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1

p kg/cm²	v m/s	$p\,v$	$\sqrt{p\,v^3}$
125	2,72	345	50,2
25	4,10	100	40,0
15	6,00	90	57,0

Spalte 3 enthält die herkömmlichen $p\,v$-Werte, die sich in einem außerordentlich weiten Bereiche bewegen und weit über die nach den Ingenieurtaschenbüchern zulässige Grenze hinausgehen.

In der vierten Spalte sind zu den Versuchswerten die Werte $\sqrt{p\,v^3}$ gebildet. Man sieht, daß diese Werte allein kennzeichnend für den Beharrungszustand eines Lagers bei Schmierung mit demselben Öl sind. Bei Schmierung mit einem Öl andrer Zähigkeit und andrer Temperaturzähigkeitszahl b nach Gl. (2) nimmt natürlich auch der zulässige Wert $\sqrt{p\,v^3}$ einen andern Betrag an. Lagermetall und Baustoff der Zapfen haben überhaupt keinen Einfluß, lediglich die Kühlwirkung der Lagerbauart drückt sich darin aus.

Das Ausklinken und die Teilschmierung

In welcher Richtung sich die künftige Lagerberechnung für den Beharrungszustand bewegen wird, ist also heute schon durchaus klar. Es fragt sich noch, wieweit diese Berechnung von den Vorgängen im Gebiet der halbflüssigen Reibung beeinflußt werden wird. Diese Frage kann nur durch Versuche geklärt werden. Jedes Lager durchläuft beim An- und Auslauf, auch bei ordnungsmäßiger Schmierung und ebenso bei Preßölschmierung, das durch den linken Ast von Abb. 1 dargestellte Gebiet, ganz abgesehen von Störungsfällen.

Es ist bekannt, daß Lager, die durch falsche Bauart oder durch die Eigenart ihrer Betriebsbedingungen (z. B. Kolbenzapfenlager in einfachwirkenden Zweitaktmaschinen mit großen Lagerbelastungen bei geringer Umfangsgeschwindigkeit und zusätzlicher Heizung vom Kolben aus) dauernd mit Teilschmierung arbeiten, sich außerordentlich stark abnutzen. Diese Erscheinung, mehr noch aber die Überlieferung, die die Lager als den Gefahrpunkt jeder neuen Maschinenart zu betrachten gewohnt ist, haben dazu geführt, daß man besondere An- und Auslaufvorrichtungen an Großmaschinen anbrachte.

Wenigstens für den Auslauf dürften derartig umständliche Hilfskonstruktionen unnötig sein. Große Turbinen und große Schwungräder haben ohnedies Abbremsvorrichtungen, die die Auslaufzeiten von einer Stunde und mehr auf 2 bis 3 min abkürzen[18]). In diesen wenigen Augenblicken wird auch das schwerste Lager beim Auslauf nicht beschädigt.

Beim Beginn des Auslaufs befindet sich nämlich der dicke tragende Ölfilm des Beharrungszustandes zwischen Zapfen und Schale. Er muß erst herausgequetscht werden, was längere Zeit erfordert. Mit dieser Ansicht stimmt die Beobachtung Viewegs überein, daß Zapfen in einem eben stillgesetzten Lager viel leichter und ruhiger wieder anlaufen als Zapfen, die lange Zeit ruhten. Die Frage, ob der Anlaufzustand das Lager wirklich gefährden kann, kann nur der Großversuch klären. Auf jeden Fall wird nicht der ganze Bereich der Teilschmierung mit Abnutzung verbunden sein. Die Umgegend des Ausklinkpunktes selbst ist auf jeden Fall ungefährdet.

Über die Vorgänge des Ausklinkens möge hier noch bemerkt werden, daß man sich bisher nicht klar war, weshalb das Ausklinken allmählich vor sich geht. Gümbel und Everling sind noch der Ansicht, daß das auf die elastischen Formänderungen der Unebenheiten der Lagerwerkstoffe zurückzuführen sei. Es scheint aber nach den Versuchen über Druckzähigkeit, daß diese Eigenschaft zur Erklärung heranzuziehen ist.

[18]) Vergl. SSW-Sonderdruck 2701, s. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 1666.

Als Beispiel möge ein Lager von 90 mm Schalendurchmesser und 89,76 mm Zapfendurchmesser, entsprechend einem relativen Lagerspiel $\psi = 0{,}0025$, betrachtet werden: Nach Berndt kann für SM-Stahl und Weißmetall bei bester Bearbeitung die Summe der Unebenheiten zu $0{,}006 + 0{,}003 \sim 0{,}01$ mm angenommen werden. Damit wird für den Augenblick der ersten Berührung der Vorsprünge die relative Exzentrizität $\chi = \frac{0{,}12 - 0{,}01}{0{,}12} = \frac{0{,}11}{0{,}12} = 0{,}92$, wozu nach Abb. 2 ein Druckverhältnis $\frac{p_g}{p} = 3{,}5$ gehört.

Betrug die Lagerpressung 70 kg/cm², so ist also der rechnerische Höchstdruck in der Schmierschicht p_g = 250 kg/cm². Wurde zur Schmierung ein gewöhnliches Maschinenöl-Raffinat verwendet, so betrug z. B. die entsprechende Zähigkeitszunahme bei 50° an dieser Stelle 65 vH. Ist bei weiterer Abnahme der Drehzahl das Zapfenmittel weiter um 0,005 mm eingesunken, so wird nunmehr $\chi = 0{,}96$ mit einem Höchstdruckverhältnis 5, was einem Höchstdruck von 350 kg/cm² entspricht. Dazu gehört für das gleiche Öl eine Zähigkeitserhöhung von 100 vH. Diese Steigerung geht über einen Bogen von etwa 110° vor sich.

In dem Nomogramm, Abb. 2, oder den Stribeckschen Kurven, Abb. 1, muß sich diese Erscheinung durch eine Verzögerung des Ausklinkvorganges bemerkbar machen. In der Tat prägt sich der Ausklinkpunkt am schärfsten bei kleinen Pressungen aus, während sich bei hohen Pressungen der Übergang von der Teil- zur Vollschmierung ganz flach über einen viel größeren Drehzahlbereich erstreckt, was in Abb. 1 ebenfalls zu erkennen ist.

Je druckempfindlicher das Öl ist, um so sanfter muß das Ausklinken, um so gutartiger müssen auch die Abnutzungserscheinungen sein. Stark druckempfindliche Öle sind infolgedessen mit Rücksicht auf den Auslauf und Störungen vorzuziehen, doch müssen sie diese Eigenschaft auch bei hohen Temperaturen behalten. Mineralöle verhalten sich, wie im Forschungsheft 291 ausgeführt wird, in dieser Hinsicht im allgemeinen ungünstiger als fette Öle, obwohl sie bei niedrigen Temperaturen druckempfindlicher als diese sind.

Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß es nicht zulässig erscheint, den Ast der halbflüssigen Reibung einfach als Mischung von trockner Coulombscher Reibung und hydrodynamischer Vollschmierung zu berechnen (s. a. Gümbel-Everling S. 179). Dieser Anteil folgt hier, wenigstens für ganz große Exzentrizitäten, nicht dem in Abb. 2 erfaßten Zusammenhang, denn der sich in diesem Gebiet im Lager aufwälzende Zapfen hat erzwungen eine andre Mittelpunktlage, als dort vorausgesetzt ist. Demnach ist auch die vorige Berechnung über die Zähigkeitsänderungen während des Ausklinkzustandes als Näherung zu betrachten. Desgleichen scheint es sehr zweifelhaft, ob zwischen Flächen, die Öl mindestens in dünnsten Schichten adsorbiert haben, die Gesetze der Coulombschen Reibung anwendbar sind.

Die Erscheinungen im Gebiet der halbflüssigen Reibung sind im ganzen heute noch außerordentlich wenig geklärt. Ihre Kenntnis ist aber mit Rücksicht auf die Betriebsicherheit beim Anlauf und bei Störungen im Schmiervorgang unbedingt erforderlich. Diese Eigenschaften gehören nach Duffing wohl zum größten Teil in das Gebiet der Molekularphysik. Nur das scheint heute sicher zu sein, daß die Oberflächenspannungen als solche ohne Einfluß sind. In der Reklame spielen sie eine große Rolle. Für ihre Messung werden sogar besondere Geräte angeboten. Dazu ist zu bemerken, daß die gebräuchlichen Öle fast alle den gleichen Wert sowohl der Oberflächenspannung gegen Luft α wie des Randwinkels Θ haben. Auch die Lenardsche Zahl $\alpha \cos \Theta$ ist für sie praktisch nahezu gleich. Es genügt eben vollkommen, wenn die Flüssigkeit überhaupt benetzt, d. h. der Randwinkel spitz ist.

Quantitative Messungen scheinen unnötig und sind sehr schwierig. Es handelt sich, wie bereits angedeutet, höchstwahrscheinlich um Adsorptionserscheinungen zwischen Öl und Metall. Das Verdienst, diese Frage angeschnitten zu haben, gebührt Bachmann und Brieger, Hannover[19]), die die kapillare Benetzungswärme gemessen haben. Bei der Benetzung von feingepulverten Körpern durch Gase oder Flüssigkeiten tritt eine sehr geringe, jedoch meßbare Wärme, die „Benetzungswärme", auf. Die Größe dieser Wärmetönung, bezogen auf die Gewichteinheit des Adsorbers, kann unter gleichen Bedingungen als ein Maß für die Adsorption betrachtet werden. Sie stellten auch fest, daß die fetten Öle, wie Rizinusöl, denen man von jeher einen besonders hohen „Schmierwert" zugeschrieben hat, viel adsorptionsfähiger als Mineralöle sind. Wie weit diese Adsorption noch mit einer Verdichtung und damit einer Zähigkeitserhöhung an den Metalloberflächen verbunden ist, ist eine Frage der Physik und Chemie, die hier Hand in Hand mit dem forschenden Maschinenbau gehen müssen. Dieser hat selbst vor allem noch die Einflüsse des Einlaufens und des Graphitierens der Lager aufzuklären.

Neuzeitliche Ölprüfung und Ölveredlung

Das wichtigste Ergebnis dieser Ausführungen ist, daß sich den gebräuchlichen Prüfungen von Schmiermitteln (vergl. z. B. Gümbel-Everling S. 215), nämlich der Bestimmung

1. der Zähigkeits-Temperaturkurve,
2. des Flamm- und Kältepunktes,
3. der Destillationskurve,
4. der mechanischen Reinheit,
5. der chemischen Reinheit und Zusammensetzung

noch zwei neue Prüfungen anreihen müssen: die Abhängigkeit der Zähigkeit vom Druck, die möglichst groß sein soll und vor allem auch bei hohen Temperaturen nicht wesentlich abnehmen darf, sowie die Adsorption, gemessen durch die kapillare Benetzungswärme. Beides sind Messungen, die besondere Einrichtungen und Übung erfordern und kaum betriebsmäßig durchführbar sind.

Auch die Frage, ob ein Öl haltbar ist und sich im Betriebe nicht ändert, kann im Laboratorium nicht genügend sicher entschieden werden. Es sind das eben Bedingungen, die an die Erzeugnisse guter Ölfabriken mit fortschrittlichen Aufbereitungsanlagen von vornherein gestellt werden müssen. Auch für diese sind derartige Forschungen außerordentlich wertvoll. Ebenso müssen diese Forderungen natürlich an die Erzeugnisse der verschiedenen neuen Kohlenhydrierungs- und -destillationsverfahren gestellt werden, sollen diese nicht von Haus aus in der Praxis in Verruf kommen.

Genügen die Eigenschaften eines Öles nicht, so muß ein Verfahren gefunden werden, um diese Öle zu veredeln. Ein veredeltes Mineralöl in diesem Sinne ist z. B. das Voltolöl, das durch elektrische Polymerisation aus kompoundierten Mineralölen hergestellt wird[20]). Voltol hat bekanntlich eine außerordentlich flache Temperatur-Zähigkeitskurve (kleines b) und nach meinen Messungen eine große, von der Temperatur nur wenig abhängige Druckzähigkeitszahl a. Es erfüllt somit einen großen Teil der hier gestellten Forderungen.

Diese Eigenschaften können übrigens insgesamt auf den handelsüblichen Ölprüfmaschinen nicht ohne weiteres nachgewiesen werden, da diese in überwiegender Zahl nur verschlechterte und verteuerte Zähigkeitsmesser sind. Betriebtaugliche Verfahren zur Bestimmung dieser Eigenschaften sollen im Rahmen der Forschungsarbeiten über Lagerreibung im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe entwickelt werden. [B 2233]

---

[19]) Vergl. Zsigmondy-Festschrift der Kolloidzeitschrift, Bd. 36 (1925) S. 142.

[20]) Vergl. Friedrich, Z. Bd. 65 (1921) S. 1171 und Bd. 68 (1924) S. 1157.

Die Brikettfabrik bei Yallourn, Victoria, Australien

Von Zivilingenieur F. W. Foos, Halle a. S.

Lage und Größe der Braunkohlenvorkommen bei Yallourn — Abbau der Braunkohle — Großelektrizitätswerk — Beschreibung der Brikettfabrik — Brikettpressen mit Dampf und elektrischem Antrieb

Die Braunkohlenvorkommen im Staate Victoria waren auch in Deutschland schon längst bekannt. Bereits im Jahre 1891 versuchte man von privater Seite nach deutschem Muster eine Braunkohlen-Brikettfabrik zu errichten, was aber damals scheiterte, da mit völlig unzulänglichen Mitteln an die Durchführung des Entwurfes gegangen wurde. Erst dem tatkräftigen Arbeiten des früheren Direktors der Geologischen Landesanstalt in Melbourne, Dr. H. Herman, des jetzigen verantwortlichen Leiters der Brikettfabrik, ist es gelungen, die Braunkohlenvorkommen bei Yallourn weitgehend zu erfassen und den Staat Victoria, in dessen Besitz die Felder schon längere Zeit waren, für die Ausbeutung zu gewinnen. Die Regierung des Staates Victoria bildete die States Electricity Commission of Victoria und betraute diese mit der Errichtung eines Großkraftwerkes, das ganz auf die Verfeuerung von Braunkohle gestellt sein sollte, und gleichzeitig mit der Erbauung einer Braunkohlen-Brikettfabrik, die zwar beide von demselben Braunkohlenfelde mit Brennstoff versorgt werden, aber sonst unabhängig voneinander arbeiten sollten. Mit dem Entwurf des Großkraftwerkes wurde im Jahre 1920 begonnen; es war für Maschinen von insgesamt 150 000 kW geplant, von denen man zunächst 50 000 bis 60 000 kW aufstellte. Der erzeugte Strom wird durch eine 132 000 V-Hochspannungsleitung nach der rd. 150 km entfernten Hauptstadt des Landes, Melbourne, geleitet. An dem Bau dieses Großkraftwerkes waren englische und amerikanische Firmen beteiligt.

Im Jahre 1921 wurde Direktor Dr. H. Herman beauftragt, eine Studienreise nach Deutschland zu unternehmen, um alle einschlägigen Fragen, die die Errichtung einer Brikettfabrik betreffen, zu studieren. Er wandte sich damals auch an den Verfasser, der es dann übernahm, im Auftrage der States Electricity Commission die rechnerischen Vorarbeiten auszuführen und den allgemeinen Entwurf für die Errichtung einer Brikettfabrik, auf Grundlage der Braunkohle von Morwell, aufzustellen. Im Jahre 1922 wurde dann die entworfene Brikettfabrik als Versuchsanlage bei der Zeitzer Eisengießerei und Maschinenbau A.-G., Zeitz, bestellt und ausgeführt. Sie kam Ende 1924 in Betrieb und arbeitet seit jener Zeit einwandfrei.

Das Hauptbraunkohlenflöz liegt in einer weiten Talmulde auf dem rechten Ufer des Latrobe River bei dem Orte Morwell, rd. 150 km südöstlich von Melbourne. Ein alter Tagebau von geringerem Umfange, der im Jahre 1881 schon in Angriff genommen war, liegt auf der linken Seite des Flußufers. Die Braunkohle aus dem alten Tagebau ist hart, sehr stückreich und hat bei geringem Wassergehalt einen ziemlich hohen Heizwert. Sie ähnelt ungefähr der deutschen Braunkohle aus dem Nachterstedter Revier. Die Braunkohle aus dem Hauptflöz auf dem rechten Flußufer bei der neugegründeten Stadt Yallourn, die allein für das Großkraftwerk und die Brikettfabrik in Frage kommt, ist dagegen eine weiche, ziemlich mulmige, fast erdige Braunkohle von sehr hohem Wassergehalt und entsprechend geringem Heizwert. Sie gleicht der rheinischen Braunkohle. Das Hauptvorkommen auf dem rechten Flußufer ist ganz gewaltig und soll 5 bis 6 Milliarden t umfassen, und zwar in vier übereinandergeschichteten Flözen, die stellenweise eine Gesamtmächtigkeit bis zu 220 m aufweisen sollen. Vorläufig wird zunächst nur das obere Flöz abgebaut, das durchschnittlich unter 10 bis 15 m Deckgebirge liegt und eine durchschnittliche Mächtigkeit von 45 bis 55 m hat.

Man wollte ursprünglich auf schiefer Ebene mittels Kettenbahn fördern; von vornherein war aber angenommen worden, daß man beim Ausbau der Anlage allmählich auf Großraumförderbetrieb unter Anwendung eines Schräg-

Schnitte $A—B$, $C—D$ und $E—F$ s. S. 224 und 225

Abb. 1
Lageplan der Brikettfabrik und des Kraftwerkes bei Yallourn

Buchstabenerklärung s. Abb. 2 bis 4

aufzuges übergehen würde. Die Tagesförderung, die zur Zeit rd. 4000 t beträgt, soll in Rücksicht auf den geplanten Ausbau der Brikettfabrik und des elektrischen Großkraftwerkes erheblich gesteigert werden, und zwar zunächst bis auf rd. 20 000 t. Dir. Klitzing von der Grube Marga, N.-L., wurde 1925/26 berufen, die Aufschlußarbeiten des Tagebaues an Ort und Stelle zu untersuchen und Vorschläge für den weiteren Aufschluß des Tagebaues zu machen.

Die beiden Braunkohlensorten zeigen kennzeichnende Verschiedenheiten in der Zusammensetzung, Zahlentafel 1.

Die Kohle aus dem Haupttagebau wird auf geneigter Ebene nach der Hauptbrecheranlage gefördert. Die Hauptbrecheranlage soll sie so weit aufbereiten, daß die knorpelige Kohle nach dem unmittelbar gegenüberliegenden Großkraftwerke geht und die abgesiebte Klarkohle nach der Brikettfabrik gelangt. Infolge von Geländeschwierigkeiten konnte die Brikettfabrik, Abb. 1 bis 4, nicht, wie ursprünglich geplant, in unmittelbarer Nähe der Hauptbrecheranlage errichtet werden; man sah sich daher gezwungen, die Brikettkohle durch eine Geländeseilbahn nach der Brikettfabrik zu fördern. Die Kohle gelangt durch die elektrisch betriebene Seilbahn über einen Sturztrichter mit Vorbrecher a, von dem aus sie über ein Förderband b nach der Aufbereitungsanlage c (Naßbetrieb) der Brikettfabrik gelangt. Vorher kreuzt dieses Hauptkohlenband das Kesselkohlenband d, damit die Kesselanlage mit grob vorgebrochener Kohle versorgt werden kann. Die der Naßbetriebanlage zugeführte Kohle wird hier auf die entsprechende Korngröße aufbereitet und von ihren holzigen Bestandteilen befreit. Entsprechende Kesselkohle und holzige Bestandteile werden im Naßbetrieb ausgesiebt und gelangen über ein besonderes Förderband e, das Holzspäne und Kesselkohle von den einzelnen Anlagen sammelt, zurück nach dem vor dem Kesselhause liegenden Förderbandturm, um als Brennstoff für die Kesselanlage zu dienen.

Die Brikettfabrik ist eine Doppelfabrik mit je sechs Dampftrommeltrocknern f_1 f_2 von 3 m Dmr., 7 m Länge und zusammen 960 m² Heizfläche. Die Kohle wird in den Trocknern mit 1,5 bis 2,5 at Dampfspannung bis auf 15 vH Restwasser getrocknet. Sie gelangt von hier aus in die Kühlanlage, die ebenfalls wieder als Doppelanlage, g_1, g_2, ausgeführt ist, um die Temperatur der

Abb. 2

Abb. 3

Abb. 2 bis 4. Brikettfabrik bei

a Sturztrichter mit Vorbrecher
b Förderband zwischen Vorbrecher und Aufbereitung
c Aufbereitungsanlage (Naßbetrieb)
d Kesselkohlenband
e Förderband zwischen Aufbereitung und Kesselkohlenband
f_1, f_2 Dampftrockner
g_1, g_2 Kühlanlage

Zu Abb. 2

Schnitt C-D

Abb. 4

Yallourn, Victoria, Australien

h_1, h_2 Pressen
i Dampfkessel
k Maschinenhaus
l Pumpenhaus
m Rauchgasvorwärmer
n Werkstatt und Ersatzteillager
o_1, o_2 Brikettverladeschuppen
p Verladestelle für Abfallbriketts

Kohle bis auf 35 bis 40 °C abzukühlen. Die Kühlanlage wurde in Rücksicht auf die dort herrschenden atmosphärischen Verhältnisse besonders sorgfältig konstruiert und reichlich bemessen. Die gekühlte Kohle gelangt aus dem Kühlhause durch steigende Schnecken, nach den über den Brikettpressen h_1 h_2 verlagerten Preßrümpfen, von wo aus sie den Einschwungrad-Pressen, Abb. 5 und 6, zugeführt wird. Die Einschwungrad-Pressen haben je einen Dampfzylinder von 425 mm Dmr., 600 mm Kolbenhub und 200 mm Stempelhub. Sie stellen Briketts

Zahlentafel 1. Zusammensetzung der beiden Braunkohlensorten

	Australische Braunkohle aus dem Vorkommen bei Morwell, alter Tagebau linkes Flußufer vH	Yallourn, neuer Tagebau rechtes Flußufer vH
1. Schwelanalyse:		
Wassergehalt	45,2	65,2
Chem. gebund. Wasser	7,4	5,3
Teer	6,7	2,2
Nicht kondensierbare Gase	12,4	8,8
Kohlenstoff	26,8	17,8
Asche	1,5	0,7
2. Elementaranalyse:		
Kohlenstoff	38,07	23,39
Wasserstoff	3,29	1,09
Sauer- und Stickstoff	11,72	9,09
Schwefel	0,30	0,54
Asche	1,47	0,66
Wasser	45,15	65,23
3. Allgemeine Zusammensetzung:		
Asche	1,47	0,66
Wasser	45,15	65,23
Brennbare Substanz	53,38	34,11
4. Kalorim. bestimmter Heizwert . . . kcal	3127	1539
5. Gütezahl der Kohle nach Prof. Kegel	68,5	62,4

von 152 bis 254 mm Länge her. Die Dampfzylinder haben vereinigte Ventil- und Kolbenventilsteuerungen. Die Brikettpressen sind wegen der Anlagekosten nicht unter den Trocknern, wie dies bei uns meistens üblich ist, sondern neben ihnen angeordnet worden. Man wollte damit die sehr hohen Bauwerke, die durch die Anordnung der Trockner über den Pressen bedingt sind, vermeiden, weil die Baustoffe sehr teuer und die Baulöhne sehr hoch sind. Die Fabrik ist deshalb soweit wie irgend möglich als normaler Fachwerkbau ausgeführt worden. Die Brikettfabrik ist aus besondern Gründen für die Aufnahme von 12 Trocknern und 16 Brikettpressen geplant worden, von der aber vorläufig nur die erste Hälfte mit sechs Trocknern und fünf Brikettpressen als Versuchsanlage ausgeführt worden ist.

Den notwendigen Betriebsdampf liefern vier Babcock-Teilkammerkessel i von je 420 m² Heizfläche und 18 at Dampfspannung. Die Kessel sind mit Babcock-Treppenrosten ausgerüstet und leisten normal 20 und höchstens 30 kg/m². Der Dampf wird auf 330 bis 350 °C überhitzt. Den Brikettpressen wird Dampf von 16,5 at und 300 °C zugeführt. Der Abdampf der Brikettpressen wird in der Trockenanlage zum Trocknen der Kohle mit 1,5 bis 2,5 at ausgenutzt. Der außer dem Pressendampf noch notwendige Betriebsdampf gelangt zunächst in das elektrische Kraftwerk k und wird in einer 1500 kW-Gegendruck-Dampfturbine englischer Bauart bis auf die Trockendampfspannung ausgenutzt. Der Gesamtumfang der aufgestellten Pläne umfaßte vier Brikettfabriken von vorstehend beschriebener Größe, also insgesamt 64 Brikettpressen.

Die von einer deutschen Firma im Ausland erbaute Brikettfabrik arbeitet nun schon etwa zwei Jahre einwandfrei und liefert täglich rd. 350 t Briketts. Die Briketts sind von bester Güte und hohem, mehr als 5000 kcal betragendem Heizwert. Sie haben eine außergewöhnlich hohe Bruchfestigkeit, rd. 20 kg/cm², wodurch sie sich, zumal sie auch sehr wetterbeständig sind, besonders für die Beförderung auf größere Entfernungen eignen. Infolge dieser guten Eigenschaften haben sich die im Staate Victoria bisher völlig unbekannten Briketts sowohl im Hausbrand wie in der Industrie überraschend gut eingeführt, so daß zur Zeit die Nachfrage nicht befriedigt werden kann. Die Regierung des Staates Victoria hat deshalb auch den Ausbau der Brikettfabrik bereits in Erwägung gezogen,

Abb. 5 und 6
Schwungrad-Dampfpresse mit Ventilsteuerung für Briketts von 254 mm Länge

Abb. 7 und 8
Elektrisch angetriebene Brikettpresse

wobei die Fortschritte der Dampftechnik weitgehend berücksichtigt werden sollen. Man will den im Jahre 1921 gewählten Dampfdruck von 18 at verlassen und Hochdruckkessel von 37 at Druck und 425 °C Dampftemperatur aufstellen. Entsprechend diesem hohen Kesseldruck muß der jetzige Dampfantrieb der Brikettpressen aufgegeben werden: an Stelle dessen werden Pressen für elektrischen Antrieb, Abb. 7 und 8, aufgestellt. Bei einer Tagesleistung von 1200 t Briketts beträgt dann die Belastung des elektrischen Kraftwerkes bei Verwendung hochwertiger Gegendruck-Dampfturbinen von etwa 75 vH thermodynamischem Wirkungsgrad ungefähr 10 000 kW, während heute bei 350 t Tagesleistung die mögliche Belastung des Kraftwerkes bis zur Grenze, an der Trockendampfüberschuß auftritt, nur 1300 kW beträgt. Durch diese erhebliche Mehrleistung an Abfallenergie, die leicht an das unter gleicher Leitung arbeitende Großkraftwerk als Grundbelastung abgegeben werden kann, wird die Wirtschaftlichkeit des Werkes wesentlich verbessert. [B 2441]

Die neuesten Fortschritte der elektrischen Bildübertragung

Von C. W. Kollatz, Königsberg i. Pr.

In jüngster Zeit ist die regelmäßige elektrische Bildfernübertragung in mehreren Ländern eingeführt worden. Mit einer allgemeinen Eingliederung dieses Dienstzweiges in die elektrische Nachrichtentechnik ist in naher Zeit zu rechnen. — Die Hauptgruppen der Sende- und Empfangseinrichtungen: Verfahren zur drahtlosen Übertragung von Wetterkarten nach Dieckmann — Phototelegraphische Verfahren von Ranger und von Jenkins; Übermittlung von Bewegungsbildern nach Jenkins — Einige neuere Fernsehversuche — Praktische Anwendungen der Bildtelegraphie und des Fernsehens.

Die elektrische Übertragung von Bildern in die Ferne hat in jüngster Zeit infolge der zunehmenden Entwicklung der für die Funktechnik so überaus wichigen Verstärkerröhren wesentliche Fortschritte gemacht. n Frankreich und in den Vereinigten Staaten von Amerika st kürzlich ein regelmäßiger öffentlicher Bildtelegraphenlienst auf Leitungen eingeführt worden, und zwischen ondon und New York besteht seit dem 1. Mai 1926 ein ffentlicher Bildfunkdienst für geschäftliche Zwecke. Ferner überträgt der Münchener Rundfunksender seit dem Frühjahr 1926 täglich die Wetterkarten der Bayerischen Landeswetterwarte als Funkbilder. Auch vom Londoner Sender aus finden regelmäßige Funkbildübertragungen statt. Zur Pflege und öffentlichen Vorführung des Fernsehens ist in London, gleichfalls im Frühjahr 1926, eine Gesellschaft „Television Ltd." gegründet worden. All das sind sichere Anzeichen dafür, daß die Übertragung von Bildern in die Ferne sich mehr und mehr einbürgert und daß ihre Eingliederung in die Fernmeldetechnik als neuer vollwertiger Dienstzweig nahe bevorsteht.

Bei der Bildtelegraphie werden Vorlagen aller Art auf Leitungen oder drahtlos dergestalt bildlich weitergegeben, daß am Empfangsort das genaue Abbild auf einem vorbereiteten Papierblatt festgehalten oder, bei Bewegungsbildern, auf einem Lichtschirm vorübergehend wiedergegeben wird.

Bei der Fernübermittlung von Bildern kann man drei Hauptabschnitte unterscheiden:

1. Abtasten der Bildvorlage (Bildzerlegung) zwecks Umwandlung der verschiedenen Helligkeitswerte (Schattierungen) des Bildes in elektrische Ströme (Bildströme). Das ist die Aufgabe des Senders.
2. Beförderung der Bildströme zum Empfänger. Das ist die Aufgabe der Drahtleitung oder der Funkwellen.
3. Zurückverwandlung der Bildströme in Lichteindrücke, die in ihrer Gesamtheit das Bild wiedergeben (Bildzusammensetzung). Das ist die Aufgabe des Empfängers.

Die Bildströme werden im Draht- wie im Funkverkehr in derselben Weise wie die der Zeichenströme bei der Worttelegraphie befördert. Zu erwähnen ist nur, daß die Beförderung durch drahtlose Wellen wegen des Fehlens der beim Drahtverkehr störend wirkenden Leitungskapazität für die Bildtelegraphie und besonders für das Fernsehen den Vorzug vor der Drahtbeförderung verdient.

Die Bildvorlage wird im allgemeinen auf zweierlei Art abgetastet: 1. mechanisch (telautographisch) mittels eines Taststiftes, der nach Art des Phonographenstiftes arbeitet, oder 2. mit Hilfe von lichtelektrischen Zellen (phototelegraphisch). Eine besondere Art der mechanischen Abtastung stellt das von Belin eingeführte Reliefverfahren dar, bei dem das Bild vor dem Abtasten in ein Relief umgewandelt wird, dessen Erhöhungen und Vertiefungen Widerstandänderungen in einem Mikrophonstromkreise hervorrufen.

Am Empfangsorte kann das Bild auf sehr verschiedene Weise wiedergegeben werden. Bei mechanischer Abtastung im Sender bedient man sich im allgemeinen elektrochemischer oder elektromechanischer Verfahren, während bei lichtelektrischer Abtastung der elektrischoptische Empfang mit Saitengalvanometer, Oszillographen, Glimmlichtröhre, Kerrzelle und dergl. bevorzugt wird. Der lichtelektrische Empfang kommt aber auch in Verbindung mit der mechanischen Abtastung neuerdings immer häufiger in Aufnahme.

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich eine Fülle von Verfahren der Bildtelegraphie.

Abb. 1
Funkbildgerät nach Dieckmann

a Senderwalze *b* Taststift *c* und *d* Zahnräder *e* Führungsspindel des Taststiftes *f* Schleiffeder *g* Tonmodulator *h* Röhrensender *i* Sendeluftdraht *k* Empfangsluftdraht *l* Empfänger *m* Verstärker *n* Gleichrichter *o* Elektromagnet für *p* Schreibstift *q* Empfängerwalze *r* Heizspule des Schreibstiftes

Mechanische Bildabtastung (Telautographie)

Bereits gegen Ende des Krieges schuf Prof. Dr. Dieckmann ein Funkbildgerät, das dazu dienen sollte, Fliegerzeichnungen vom Flugzeug aus unmittelbar zur Bodenfunkstelle bei der Batterie usw. zu befördern. Auf denselben Grundlagen hat er neuerdings ein Bildfunkgerät gebaut, das zu der bereits erwähnten drahtlosen Übermittlung von Wetterkarten vom Münchener Sender aus seit mehreren Monaten täglich mit gutem Erfolge benutzt wird[1]). Die Grundzüge dieser Einrichtung, Abb. 1, sind die folgenden: Um den Metallzylinder *a*, auf dem der Phonographenstift *b* schleift, ist die Bildvorlage herumgelegt. Sie besteht aus einem Blatt Metallpapier, auf das die zu befördernde Wetterkarte mit einem schnell trocknenden Lack oder mit Fettstift aufgetragen ist. Wird nun der Zylinder *a* durch ein (in der Zeichnung nicht dargestelltes) Uhrwerk in Umdrehung versetzt, so nimmt das auf der Zylinderachse sitzende Zahnrad *c* das Zahnrad *d* mit und dreht die Spindel *e*, auf der eine den Stift *b* tragende Mutter verschiebbar angebracht ist. Infolgedessen wird die Bildvorlage von dem Stift *b* in engen Schraubengängen abgetastet. Berührt der Stift einen blanken metallischen Teil der Bildvorlage, so wird über die zu *b* gehörende Mutter und die Schleiffeder *f* der Stromkreis des Modulators *g* kurz geschlossen. Der Modulator ähnelt jenem Tonmodulator, der beim akustischen Rundfunk die vom Mikrophon kommenden Sprachwellen den ungedämpften Wellen des Senders aufprägt. Trifft der Stift *b* auf eine durch den isolierenden Lack usw. nichtleitend gemachte Stelle der Bildvorlage, so wird der Kurzschluß des Modulators aufgehoben, und er überlagert infolgedessen den vom Röhrensender *h* ausgehenden ungedämpften Wellen Schwingungen im Takte der durch die Bildvorlage verursachten Stromschließungen und -unterbrechungen.

Die von der Antenne *i* ausgestrahlten, in dem angegebenen Takte beeinflußten Trägerwellen werden von der Empfangsantenne *k* aufgefangen und dem Empfänger *l* zugeführt, von dem aus sie über den Verstärker *m* und den Gleichrichter *n* zum Elektromagneten *o* gelangen. Dieser wird wiederum so betätigt, daß er in dem angegebenen Takte den mit seinem Anker verbundenen Stift *p* beim Eintreffen der modulierten Wellen auf eine um die Emp-

[1]) „Funk" Bd. 3 (1926) S. 115.

Abb. 2
Kartenzeichnung nach dem telautographischen Verfahren von Korn mit photographischem Empfang auf einer Drahtleitung zwischen Tokio und Yokohama im Jahre 1924 übermittelt

fangswalze q gelegte Zeichenunterlage drückt. Diese besteht aus einem Blatt weißen Papiers, über das ein Blatt Kohlenpapier gelegt ist. Der Metallstift p, der durch die in einen Stromkreis eingeschaltete Wicklung r geheizt wird, überträgt bei dem durch die Ankeranziehung verursachten leichten Druck die schmelzbare Farbe des Kohlenpapiers an der Druckstelle auf das Papierblatt, so daß auf diesem ein schwarzer Punkt oder Strich entsteht. Das Drehen der Empfangswalze und das seitliche Verschieben des Stiftes bewirkt wie beim Sender ein Uhrwerk mit Zahnradübertragung. Beide Walzen müssen natürlich dauernd im Gleichtritt sein. Dies wird dadurch erreicht, daß jede Umdrehung einer der beiden umlaufenden Achsen etwas früher

Abb. 3
Fingerabdrücke nach dem telautographischen Verfahren von Korn mit photographischem Empfang im Jahre 1925 in 4½ min auf einer Drahtleitung befördert

Abb. 4
Drahtlose Handschriftübermittlung in 4 min mit telautographischem Sender und photographischem Empfänger 1926 auf der Strecke Adlershof–Charlottenburg

beendet ist als die der andern und dann selbsttätig o lange aufgehalten wird, bis die andre nachgekommen i Zur Betätigung dieser Gleichtrittregelung wird eine stimmte Zeit jeder Walzenumdrehung ausgenutzt.

Auf diese verhältnismäßig sehr einfache Weise werd die Wetterkarten in etwa 5 min vom Münchener Sender den Raum gefunkt. Aber das Verfahren eignet sich n zur Übertragung von Schwarz-Weiß-Bildern. Irgendwelc Tönungen lassen sich auf diese Weise nicht wiedergeb

In ähnlicher Weise arbeitet das Bildfunkgerät des En länders Thorne Baker[2]), das im Londoner Rundfu wiederholt mit Erfolg benutzt worden ist. Doch eign sich dieses Verfahren auch zur Wiedergabe getönter Bild weil dabei eine gerasterte Bildvorlage benutzt wird. D zu übermittelnde Bild (Photographie usw.) wird dur einen Raster hindurch, wie er zur Herstellung von Bilde in Zeitschriften usw. gebraucht wird, auf ein Blatt Meta papier aufgenommen, das durch eine Ammoniumbichrom enthaltende Gummilösung lichtempfindlich gemacht word ist. Nach der Entwicklung sind die den dunkeln Bil stellen entsprechenden Teile des Metallpapiers blank u infolgedessen elektrisch leitend, während den hellen Bil stellen Teile einer nichtleitenden Schicht auf dem Meta blatt entsprechen. Die so geschaffene Bildvorlage wi in ähnlicher Weise wie bei Dieckmann abgetastet. Dag gen wird das Bild bei dem Bakerschen Verfahren auf ele trolytischem Wege wiedergegeben. Zu diesem Zweck le man um die Empfangswalze ein Blatt Papier, das zuv in eine mit Jodkali getränkte Stärkepaste eingetaucht u zwischen Löschblättern leicht getrocknet worden ist. D um die Empfangswalze gelegte Blatt wird dann in der ob beschriebenen Weise durch einen Stift in engen Schraube linien abgetastet. Dieser hat eine stumpfe Platinspitz durch die der vom Gleichrichter kommende positive Stro auf das vorbereitete Papier derartig einwirkt, daß es a der Stelle des Stromdurchganges eine dunkelblaue Far annimmt. Sobald das Papier völlig trocken geworden i geht das Blau in ein helles Braun über. Zur Gleichtri regelung bedient man sich des Pendels, aber sonst ist d Arbeitsweise ähnlich wie bei Dieckmann. Mit diesem Ve fahren wurden z. B. auf etwa 16 km Entfernung Persone lichtbilder von 12 × 10 cm bei 90 m Wellenlänge in 6 m sehr gut übertragen.

Ein ganz ähnliches, aber noch wesentlich einfacher und billigeres Gerät, das für den Gebrauch der Fun freunde bestimmt ist, hat der Amerikaner C. Francis Jer kins gebaut[3]). Auf die Einzelheiten dieses G räts soll hier nicht näher eingegangen werden.

Prof. Dr. Arthur Korn hat in den letzt Jahren das telautographische Verfahren der Bil telegraphie für den Schnellverkehr auf große En fernungen dadurch zweckmäßig ausgebaut, daß in Verbindung mit dem telautographischen Bil sender einen photographisch arbeitenden Bil empfänger mit Saitengalvanometer benutzt, vo dem im folgenden Abschnitt noch die Rede sei wird. In Abb. 2 bis 4 sind nach diesem vo Korn ausgebauten neuen Verfahren mit verhäl nismäßig kurzer Beförderungsdauer aufgenommen Bilder dargestellt. Einzelheiten dieses Verfahren sind bisher nicht veröffentlicht worden.

Bildabtastung mit lichtempfindlichen Zellen (Phototelegraphie)

Korn ist auch der Erfinder (1904) des bild telegraphischen Verfahrens mit lichtelektrischer Ab tastung der Bildvorlage. Die Grundzüge dieses Ve fahrens, Abb. 5, sind die folgenden: Die auf einer durchsichtigen Film vorhandene Bildvorlage wir um den Glaszylinder a gelegt, der durch eine Motor in Umdrehung versetzt und gleichzeitig i Richtung seiner Achse verschoben wird. Dabe wird die Bildvorlage durch den von der Lampe und der Linse c kommenden Lichtstrahl i Punkte d in engen Schraubenwindungen ab geleuchtet. Der durch die Vorlage und den Glas

[2]) „Wireless World and Radio Review" Bd. 18 (1926) S. 43
[3]) „Radio News" Bd. 6 (1925) S. 2091.

zylinder hindurchgehende Lichtstrahl trifft auf die im Inneren des Zylinders befindliche lichtelektrische Zelle *e*, die je nach der Helligkeit des jeweils den Punkt *d* durchschreitenden Bildpunktes mehr oder weniger Licht erhält. Mit zunehmender Stärke der Belichtung steigt infolge der lichtelektrischen Eigenart der Zelle die Stärke des aus der Batterie *f* fließenden Stromes. Infolgedessen entstehen in dem über die Leitungen *g*, *h* und die Empfangseinrichtung geschlossenen Stromkreise Stromschwankungen im Takte der Helligkeitswechsel in der Bildvorlage. Diese Ströme wirken beim Empfänger auf den Faden *i* eines Saitengalvanometers, das aus dem zwischen den Polen *l* und *k* eines kräftigen Elektromagneten ausgespannten Metallfaden und dem daran befestigten Plättchen *m* besteht. Dieses Plättchen dient als Blende für eine (nicht gezeichnete) Lichtquelle; es wird je nach der Stärke der ankommenden Ströme mehr oder weniger abgelenkt, so daß sie mehr oder weniger Licht auf eine mit lichtempfindlichem Papier umwickelte Empfangswalze fallen läßt. Diese nicht gezeichneten Teile der Empfangseinrichtung kann man sich — abgesehen von der Zelle *e* und der Batterie *f* — etwa so ähnlich vorstellen wie die Sendeeinrichtung. Die Einzelheiten des lichtelektrischen Empfanges ergeben sich aus dem Aufsatz von Schröder über das Telefunken-Karolus-Verfahren[4]).

In Abb. 5 ist der Einfachheit halber das Verfahren für Leitungstelegraphie dargestellt. Natürlich eignet es sich auch für den drahtlosen Betrieb. In diesem Falle treten an die Stelle der Leitungen etwa dieselben Geräte wie in Abb. 1. Immerhin ist dazu noch zu bemerken, daß zunächst die drahtlose Anwendung beim phototelegraphischen Sendeverfahren größere Schwierigkeiten machte als beim telautographischen Verfahren. Denn bei der Telautographie werden Stromstöße verschiedener Länge übertragen, bei der Phototelegraphie Stromstöße verschiedener Stärke. Berthold Freund, Berlin, war wohl der erste, der in der Öffentlichkeit auf diesen Unterschied und die sich daraus für die drahtlose Übermittlung getönter Bilder ergebenden Schwierigkeiten hinwies und zugleich ein Verfahren einführte, das die drahtlose Übermittlung getönter Bilder (durch „Phototelautographie") in dieser Beziehung verbesserte[5]). Inzwischen ist es gelungen, durch Einschaltung eines Modulators, den auch Dieckmann anwendet (s. Abb. 1), alle Schwierigkeiten, die sich der drahtlosen Phototelegraphie entgegenstellten, zu beseitigen.

Das phototelegraphische Verfahren ist inzwischen nach verschiedenen Richtungen abgeändert und erweitert worden. Auf der Sendeseite wurden zunächst als lichtelektrische Zellen Selenzellen verwendet, die indes eine zu große Nacheilung zeigten. Schon 1906 begann Korn diesen Nachteil durch Anwendung mehrerer Zellen in Ausgleichschaltung, Erhöhung des Zellenwiderstandes usw. zu beseitigen. Die verbesserte Selenzelle leistet noch heute in der Phototelegraphie gute Dienste. In jüngster Zeit ist allerdings mehr und mehr die Photozelle in Aufnahme gekommen[6]).

Auf der Empfangseite wird das Saitengalvanometer noch heute bei einigen Verfahren benutzt (Korn, American Telephone & Telegraph Co.), daneben aber auch der Oszillograph, bei dem unter dem Einfluß der ankommenden Ströme ein kleines Spiegelchen gedreht wird, so daß es mehr oder weniger Licht auf die Ableuchtstelle lenkt (Belin, Mihály u. a.). Von sonstigen Lichtrelais ist besonders die Karoluszelle[6]) zu erwähnen, die nahezu ohne Nacheilung arbeitet, aber eine recht große Verstärkung beansprucht (Telefunken-Karolus). In jüngster Zeit kommt auch die bereits 1902 von Korn als Lichtrelais vorgeschlagene Glimmlampe wieder in Aufnahme, die durch die ankommenden Ströme zum stärkeren oder schwächeren Aufleuchten gebracht wird (C. Francis Jenkins, Baird). Auch der elektromagnetische Empfang, dessen Grundzüge bei der Besprechung der Telautographie bereits erörtert wurden, wird neuerdings in Verbindung mit dem phototelegraphischen Senden benutzt (Ranger). Prof. Korn selbst hat das phototelegraphische Verfahren in den letzten Jahren derart ausgestaltet, daß er gute Bildübermittlungen auf große Entfernungen bei kurzer Beförderungsdauer damit erreichte. Einzelheiten darüber sind indes nicht bekanntgeworden. Eine sehr befriedigende Aufnahme dieser Art ist in Abb. 6 wiedergegeben.

[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 725.
[5]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1267 und „Der deutsche Rundfunk" Bd. 3 (1925) S. 1897.
[6]) Z. Bd. 70 (1926) S. 725.

Sender h Empfänger
a b c d e f g i k l m
RZ 2244 Z5

Abb. 5
Grundzüge der Phototelegraphie nach Korn

a Sendezylinder aus Glas *b* Ableuchtlampe *c* Linse *d* Punkt, in dem die durchsichtige Bildvorlage abgeleuchtet wird *e* lichtelektrische Zelle *f* Batterie *g* und *h* Leitungen *i* Faden des Saitengalvanometers *l* und *k* Pole eines Elektromagneten *m* Blende

Etwas näher soll hier auf einige sehr erfolgreiche amerikanische Verfahren eingegangen werden. Die bereits erwähnte American Telephone & Telegraph Co. hat Ende 1925 in New York, Chicago und San Francisco Sende- und Empfangsämter für Bildtelegraphie eingerichtet, die Vorlagen aller Art, wie Urkunden, Schecks, Bilder von Maschinenteilen usw. zur Beförderung annehmen und die ankommenden Bildtelegramme dem Empfänger zustellen. Die Gesellschaft benutzt dabei das Kornsche Verfahren für Phototelegraphie unter Verwendung des Saitengalvanometers als Lichtrelais[7]). Belangreich ist, daß sie sich bei ihrem Verfahren eines durch einen Röhrensender erzeugten Wechselstromes von 1300 Per./s als Trägerstromes bedient, dem die vom Bildsender kommenden Ströme ähnlich wie beim Mehrfachfernsprechen auf Leitungen überlagert werden.

Das phototelegraphische Verfahren nach den von Korn angegebenen Grundzügen kommt ferner bei dem seit dem 1. Mai 1926 seitens der Marconi-Gesellschaft zwischen London und New York eingeführten regelmäßigen Bildfunkdienst für geschäftliche Zwecke zur Anwendung. Das Verfahren ist von Ranger (Radio Corporation of America) ausgearbeitet und zum erstenmal im Jahre 1925 während der amerikanischen Herbstmanöver in großem Maßstabe (Entfernung 8200 km) erprobt worden. Der Glaszylinder, um den die durchsichtige Bildvorlage gelegt wird, schwingt beim Verfahren nach Ranger[8]) unter dem Einfluß eines Motors in Halbkreisen hin und her, vollführt nach einem Hin- und Hergang eine langsame Umdrehung und wird dabei um Bruchteile von 1 cm seitlich verschoben. Das Übermittlungsverfahren wird dadurch beschleunigt, daß statt eines einfachen Zylinders ein Zwillingszylinder verwendet wird, so daß zwei Bilder gleich-

[7]) „The Wireless World and Radio Review" Bd. 17 (1925) S. 203.
[8]) „The Wireless World and Radio Review" Bd. 17 (1925) S. 161 und Bd. 18 (1926) S. 686.

Abb. 6
Phototelegraphisch nach dem Kornschen Verfahren (lichtelektrische Zelle und Saitengalvanometer) im Jahre 1925 auf einer Drahtleitung übertragenes Bild; Beförderungsdauer 3 min

Abb. 7
Elektromagnetischer Bildempfänger nach Ranger

Abb. 8
Prismatischer Ring in Scheibenform nach Jenkins

zeitig übertragen werden können. Die beiden Zylinder sitzen nebeneinander auf derselben Achse. Bei der Umkehrung der Schwingbewegung wird jedesmal ein kleiner Spiegel in den von einer Lampe kommenden Lichtstrahl eingeführt, so daß der Strahl jetzt den andern Zylinder nebst der Bildvorlage ableuchtet. Als lichtelektrische Zelle dient je eine von der General Electric Co. gebaute, mit Argon gefüllte Photozelle für jeden der beiden Zylinder, die sich in einem lichtdichten, nur mit einer Eintrittsöffnung versehenen Gehäuse außerhalb der Zylinder befindet.

Wie bereits erwähnt, verwendet Ranger einen elektromagnetisch arbeitenden Bildempfänger, Abb. 7. Die von der Sendestelle ankommenden Wellenzüge werden über Detektor und Gleichrichter einer kleinen beweglichen Spule zugeführt, die im magnetischen Felde dreier Elektromagneten liegt. Sie betätigt durch Hebelübertragung den Schreibstift. Dieser besteht aus einer Füllfeder, der eine Lösung von farbigem Wachs aus einem Docht zufließt. Die Lösung wird durch eine den Docht umgebende Heizspule flüssig erhalten. Auch der Empfänger besteht aus einem zur gleichzeitigen Aufnahme zweier Bilder eingerichteten Zwillingssatz. Die beiden Empfängersätze werden wechselweise durch einen selbsttätig wirkenden Umschalter eingeschaltet.

Der Gleichtritt der Sende- und Empfängerwalzen wird durch Motoren mit Stimmgabelregelung in völlig zuverlässiger Weise bewirkt. Diese sehr genaue Gleichtrittregelung in Verbindung mit einem dem Empfänger vorgeschalteten Übersetzer, über den die ankommenden Stromstöße geleitet werden, soll ein Auffangen der Bilder unterwegs unmöglich machen, so daß sich das Verfahren auch für militärische Zwecke ausgezeichnet eignet.

Besonders aussichtsreich, namentlich für die drahtlose Übermittlung von Bewegungsbildern (Funkkino), erscheint das bildtelegraphische Verfahren des Amerikaners C. Francis Jenkins, das hauptsächlich auf der Verwendung eigenartiger Linsen, sogenannter „Prismatischer Ringe", beruht. Diese Linsen werden in Scheibenform, Abb. 8 (seltener in Bandform), hergestellt und bestehen aus besonders ausgewähltem Spiegelglas. Der prismatische Ring bildet den Rand der Scheibe. Er stellt ein Prisma von eigenartigem Schliff dar: der äußere Rand nimmt im Sinne des Uhrzeigers an Dicke allmählich etwas ab, während der innere Rand um dasselbe Maß zunimmt. Infolgedessen entsteht die vorn in der Mitte sichtbare Durchdringungslinie. Der für die Lichtbrechung maßgebende Winkel, den die beiden Prismenflächen miteinander bilden, ändert sich also fortlaufend.

Derartige Ringprismen verwendet Jenkins beim Sender wie auch beim Empfänger. Hier soll der besseren Übersichtlichkeit wegen zunächst der Empfänger, Abb. 9 und 10, besprochen werden. Die Lampe *a*, Abb. 9, stellt eine Empfangslampe nach Art der Glimmlichtlampen dar. Sie enthält einen Faden, der durch eine Batterie geheizt wird. Die vom Niederfrequenzverstärker des Funkempfängers ankommenden Ströme werden dem Faden zugeführt, der je nach der Stromstärke mehr oder weniger hell aufleuchtet. Die Lampe flackert also im Takte der Bildströme. Das von der Lampe *a* ausgehende Licht fällt durch die Linse *b* und die Ringprismen *c* auf die photographische Platte *d*. Bei der durch einen Motor verursachten ständigen Umdrehung der Scheiben wechselt der Lichtstrahl *e* infolge der eigenartigen Prismenform dauernd seine Richtung. *f* und *g* sind z. B. zwei abgelenkte Lichtstrahlen. Der Strahl wird so abgelenkt, Abb. 10, daß der die einander überlappenden Ringe der Prismenscheiben im Punkte *e* treffende Lichtstrahl die durch die Pfeile *h* und *i* angedeutete Bewegung auf der Platte *d* macht. Die Wirkung ist dieselbe, als ob der Lichtstrahl feststände und die Platte von links nach rechts um ihre ganze Breite verschoben und dann in senkrechter Richtung ein wenig gehoben wird. Mit andern Worten: der Lichtstrahl gleitet über die Platte *d* so hinweg, wie ein Bleistift beim Schreiben über das Papier geführt wird. Natürlich ist die Zeilenbreite hier viel geringer. Bemerkenswert ist an dieser Anordnung, daß Jenkins keinen Zylinder, sondern eine glatte Fläche für die Bildwiedergabe verwendet. Tatsächlich sind aus optischen Gründen nicht zwei, sondern vier solcher Ringprismen beim Empfänger vorhanden.

Der Bildsender von Jenkins besteht zunächst aus einem optischen Gerät nach Art der Laterna magica, hinter deren Objektiv die durchscheinende Bildvorlage gebracht wird. Der vom Objektiv ausgehende Lichtstrahl fällt durch eine wiederum aus vier Ringprismen bestehende Anordnung und eine am Rande mit Löchern versehene Scheibe, die von einem besonderen Motor in

Abb. 9
Grundzüge des Bildempfängers nach Jenkins in Seitenansicht
a Lampe *b* Linse *c* Ringprismen *d* photographische Platte
e, *f*, *g* Lichtstrahlen

Abb. 10
Die Ringprismen des Bildempfängers nach Jenkins in Draufsicht
c Scheiben (Ringprismen)
e Auftreffpunkt eines Lichtstrahles auf die Scheiben
d photographische Platte
h und *i* Bewegungsrichtung des Lichtstrahles auf der Platte *d*

Umdrehung versetzt wird, auf die in einem lichtdichten Gehäuse untergebrachte Photozelle. Die Bildvorlage wird nun, sobald die Prismenscheiben in Umdrehung versetzt werden, gewissermaßen über die Photozelle in derselben Weise hinweggezogen, wie beim Empfänger der Lichtstrahl über die Bildplatte gleitet, d. h. die Bildvorlage wird zeilenweise abgeleuchtet. Die an ihrem Rande mit Löchern versehene Scheibe hat den Zweck, daß von der Photozelle nur gleichförmig unterbrochener Gleichstrom ausgeht, so daß dieser sogleich nach den für Wechselströme geltenden Grundsätzen durch Kathodenröhren verstärkt werden kann. Die verstärkten Bildströme gelangen dann zur Leitung oder — bei drahtlosem Betrieb, der hier die Regel bildet — zum Modulator, der sie den ungedämpften Wellen des Funksenders überlagert. Die Herstellung und Aufrechterhaltung des Gleichtritts zwischen den Ringprismen des Senders und des Empfängers wird beim bildtelegraphischen Verfahren nach Jenkins durch Antriebmotoren mit Stimmgabeln (nach Lacour) bewirkt.

Der Erfinder verwendet dieses Verfahren mit geringen Abänderungen auch zur Übermittlung von Bewegungsbildern. Zu diesem Zweck wird im Sender die Laterna magica durch ein kinematographisches Vorführgerät ersetzt und beim Empfänger eine etwas andre Linsenanordnung verwendet. Von den verschiedenen für diesen Zweck von Jenkins erprobten Anordnungen soll hier eine kurz beschrieben werden. Die Scheibe *a*, Abb. 11 und 12, die an die Stelle der Ringprismen tritt, ist nahe ihrem Rand an der der Platte *f* zugekehrten Seite mit einem Kreis von Linsen *b*, *c*, *d* usw. besetzt. Hinter jeder Linse befindet sich ein kleines Prisma, Abb. 13 bis 15. Der Winkel dieser Prismen ändert sich rings um die Scheibe herum, so daß die gleiche optische Wirkung entsteht, wie bei dem oben beschriebenen Ringprisma. Wird die Scheibe mit 16 Uml./s gedreht, so kann der Empfänger Bewegungsbilder deutlich wiedergeben. Jenkins ist es gelungen, mit diesem Gerät Bewegungsbilder auf mehrere Kilometer zu übertragen, und er hofft, in kurzer Zeit auf diese Weise ein vollständiges Fernkino in Betrieb setzen zu können.

Dessen Betrieb denkt er sich etwa folgendermaßen: Der fertige Bildfilm wird an irgendeinem Ort, z. B. in New York, durch den Sender geschickt, der die durch die Bildströme modulierten ungedämpften Wellen mittels einer Antenne in den Raum strahlt. Die Empfangstellen, die sich z. B. in Kinotheatern befinden können, sind mit einem Bildempfänger nach Jenkins ausgerüstet und nehmen auf einem Leinwandschirm — genau wie sonst im Kinotheater — die Bewegungsbilder auf. Der praktische Vorteil besteht darin, daß es keines Vorführgerätes in den einzelnen Theatern bedarf, und daß der Film gleichzeitig an zahlreichen Stellen gezeigt werden kann, ohne daß Abzüge erforderlich sind. Wie bereits in dem mehrfach erwähnten Aufsatz über das Telefunken-Karolus-Verfahren ausgeführt wurde, stehen wir auch in Deutschland ziemlich nahe vor der Verwirklichung dieses Gedankens.

Abb. 11 und 12
Linsenscheibe für Schnellempfang nach Jenkins
a Scheibe *b*, *c*, *d* Linsen *e* Lampe *f* Platte

Abb. 13 bis 15
Linsen mit Prismen

Fernsehversuche

Das erwähnte Fernkino würde dem Fernsehen schon recht nahekommen, doch ist die beim eigentlichen Fernsehen unerläßliche Bedingung, daß das Bild oder der Vorgang in dem Augenblick im Empfänger wahrgenommen wird, wo der ursprüngliche Lichteindruck den Sender trifft, auch hierbei noch nicht erfüllt. Um dies zu erreichen, muß man das Abtasten der Bildvorlage, das ist hier das auf einer Mattscheibe (Schirm usw.) erscheinende Bewegungsbild eines Vorganges, gegenüber dem einfachen bildtelegraphischen Verfahren noch wesentlich beschleunigen. Dasselbe gilt von der Übermittlung der Stromstöße und der Bildzusammensetzung in der Empfangstelle. Prof. Korn hält die Verwirklichung des Fernsehens nicht für nahe bevorstehend. Er äußert sich darüber[9]) folgendermaßen: „Wenn man bedenkt, daß für ein einfaches Porträt, das mit einiger Ähnlichkeit reproduziert werden soll, bereits zehntausend Bildelemente in der Sekunde erforderlich sind, und daß zum Fernsehen wenigstens zehn Bilder (der Verf.: nach Jenkins 16) in der Sekunde fertig zu übertragen sind, so würden für dieses Grundproblem des Fernsehens schon 100 000 Bildelemente in der Sekunde zu übertragen sein; das könnte allenfalls in Schwarz und Weiß von zehn Leitungen bzw. bei der drahtlosen Telegraphie mit Hilfe gleichzeitiger Übertragung auf zehn verschiedenen Wellenlängen geleistet werden. Für ein praktisches Fernsehen würde man aber bei solchen einfachen Übertragungen nicht stehenbleiben können; es würden wesentlich kompliziertere Bilder, ähnlich wie in Kinos, gefordert werden, und man würde dann schon die Übertragung von Millionen von Zeichen in der Sekunde, also eine große Vielheit von Leitungen bzw. verschiedenen Wellenlängen, brauchen.

Das elektrische Fernsehen ist daher so lange nicht wirtschaftlich möglich, als es nicht gelingt, Sende- und Empfangsapparaturen für gleichzeitige Übertragung auf einer Vielheit von Wellenlängen mit erschwinglichen Kosten herzustellen und zu betreiben. Nur in dieser Richtung ist die Lösung zu suchen.

Was bisher von Fernsehexperimenten gezeigt worden ist, bezog sich immer nur auf Bilder, welche aus einer verhältnismäßig geringen Zahl von Bildelementen bestanden. Solche Experimente sind zwar oft frappierend und sicherlich instruktiv, sollten aber nicht einer leichtfertigen Unterschätzung der Schwierigkeiten des Problems des praktischen Fernsehens als Stütze dienen."

Obwohl diese fachmännische Ansicht kaum zu widerlegen sein dürfte, scheint es doch wünschenswert, hier auf die wichtigsten der in letzter Zeit versuchten Lö-

[9]) ETZ Bd. 47 (1926) S. 717.

Abb. 16
Fernseher nach August Voß

Das durch das Objektiv *a* entworfene Bild fällt in das Spiegelprisma *b*, von dort in das Spiegelprisma *c* und sodann auf die Platte *d*. Auf dieser wird das Bild demgemäß in wagerechter und senkrechter Richtung dauernd verschoben. In der Platte *d* ist eine Oeffnung angebracht, hinter der eine lichtelektrische Zelle liegt. Infolge der dauernden Verschiebung des Bildes wird dieses von der lichtelektrischen Zelle abgetastet. Die von der Zelle ausgehenden Ströme werden über den Verstärker *e* dem Empfänger zugeführt.

Abb. 17
Empfänger für elektrisches Fernsehen nach August Voß

Die ankommenden Ströme werden mit Hilfe von Glimmlichtlampen wieder in Licht zurückverwandelt. Die Bildzusammensetzung erfolgt hier nach denselben Grundgedanken wie die Bildzerlegung im Sender

a Gehäuse, in dem das Bild sichtbar wird

sungen dieser technisch belangreichen Aufgabe kurz hinzuweisen.

Von deutschen Erfindern, die sich mit einigem Erfolg dem Fernsehen gewidmet haben, ist zunächst Prof. Dieckmann, München-Gräfelfing, zu nennen, der sein Verfahren auf der Deutschen Verkehrsausstellung (München 1925) vorführte. Dort wurden Körper von einfachen Umrissen, wie z. B. ein Lineal, auf kurze Entfernungen und durch Wände hindurch sichtbar gemacht. Einzelheiten des Verfahrens sind dem Verfasser nicht bekanntgeworden. Ferner ist es dem Ingenieur August Voß, Gadebusch i. M., gelungen, auf mehr als 50 km langen Fernleitungen Photographien in $^1/_{10}$ s ziemlich deutlich zu übertragen[10]. Er verwendet im Sender zwei umlaufende Spiegelprismen, deren Achsen aufeinander senkrecht stehen, zur Ableuchtung des Bildes in Verbindung mit einer Photozelle. Beim Empfänger werden die Bildelemente mittels einer mit Löchern versehenen Kupfertrommel zusammengesetzt, die mit den Spiegelprismen im Gleichtritt ist. Die neuesten Formen des Senders und des Empfängers von Voß sind in Abb. 16 und 17 dargestellt.

Der Ungar Dionys von Mihály hat schon vor einigen Jahren das zur Ermöglichung des Fernsehens bestimmte „Telehor" geschaffen[11], das inzwischen wesentliche Verbesserungen erfahren hat. Beim Sender des Telehors wird das Bild durch einen nach allen Richtungen drehbaren kleinen Spiegel zerlegt, der mit dem Anker eines für diesen Zweck besonders gebauten Oszillographen verbunden ist. Zum Ableuchten dient eine verbesserte Selenzelle, die nahezu frei von Nacheilung ist. Bemerkenswert ist übrigens, daß von Mihály die vielfach verwendeten Photozellen wegen ihrer geringen Wirksamkeit für Fernsehzwecke als ungeeignet ansieht. Beim Empfänger des Telehors werden die ankommenden Bildströme einem als Lichtrelais wirkenden Oszillographen zugeführt, der die Ströme in Lichteindrücke zurückverwandelt. Die Bildelemente werden durch einen zweiten Oszillographen zusammengesetzt, der ähnlich wie der Senderoszillograph eingerichtet ist. Das Telehor ist auf Leitungen wie auch bei drahtloser Übertragung benutzt worden und hat in beiden Fällen Buchstaben und einfache Figuren gut übermittelt.

Walton, New York[12], und J. L. Baird, London[13], verwenden zur Bildzerlegung und -zusammensetzung umlaufende Scheiben, die am Rande mit Löchern oder Einschnitten versehen sind. Als Lichtrelais dient bei Baird eine Glimmlampe, bei Walton ein Saitengalvanometer besonderer Bauart. Wie eingangs erwähnt, finden in London seitens der zur Ausnutzung des Bairdschen Verfahrens gegründeten Gesellschaft, der Television Ltd., regelmäßige Vorführungen statt, wobei Bilder mit ziemlicher Deutlichkeit aus der Ferne mit Fernsehgeschwindigkeit übermittelt werden sollen.

Campbell Swinton endlich hat ein Fernsehverfahren zur Übermittlung von Bewegungsbildern[14] angegeben, wobei man sich bei der Bildzerlegung und der Bildzusammensetzung der Kathodenstrahlen bedient. Die Einzelheiten des Verfahrens sind anscheinend recht verwickelt.

[10] z. B. „Der deutsche Rundfunk" Bd. 3 (1925) S. 2027.
[11] Z. Bd. 69 (1925) S. 1507.
[12] „Helios" Bd. 31 (1925) S. 199.
[13] „The Wireless World and Radio Review" Bd 17 (1925) S. 533.
[14] „Helios" Bd. 30 (1924) S. 159.

Auch C. Francis Jenkins und die Firma „Telefunken" setzen ihre Bemühungen, das von ihnen ausgearbeitete bildtelegraphische Verfahren zunächst der drahtlosen Übermittlung von Bewegungsbildern und dann auch dem eigentlichen Fernsehen nutzbar zu machen, fort.

Praktische Anwendungen

Bisher und in den angeführten Beispielfällen hat die Bildtelegraphie hauptsächlich zur Übermittlung von Zeitungsbildern gedient. Größere amerikanische Zeitungen haben schon seit längerer Zeit einen regelmäßigen Bildfunkdienst eingerichtet[15]. Die Polizeiverwaltungen benutzen die Bildtelegraphie zur Beförderung von Fingerabdrücken, Steckbriefbildern, Handschriftenproben und dergl. Eine bedeutende Rolle wird die drahtlose Übermittlung von Skizzen, besonders von Fliegeraufnahmen, sowie die Beförderung von Lagebildern aller Art zweifellos im Kriege spielen. Auf die Versuche Dieckmanns Ende 1918 und die drahtlos beförderten amerikanischen Manöveraufnahmen wurde oben bereits hingewiesen.

Eine der wichtigsten Aufgaben der Bildtelegraphie wird in Zukunft wahrscheinlich in der drahtlichen oder drahtlosen Beförderung von Nachrichten aller Art in Urschrift bestehen, wobei sie die Schnelltelegraphie wirksam unterstützen kann. Staatssekretär Bredow, der Rundfunkbeauftragte des Reichspostministeriums, hat kürzlich die Ansicht ausgesprochen, daß es binnen kurzem auf diesem Wege gelingen werde, die Überseebriefe durch Bildtelegramme zu ersetzen, so daß die Nachrichten, die jetzt Tage und Wochen brauchen, um z. B. von Europa nach Amerika zu gelangen, später in wenigen Minuten ihr Ziel erreichen werden. Sicherlich werden sich nach Einrichtung eines regelmäßigen Bildfunkdienstes seitens der Reichspost noch weitere Vorteile dieses neuen Zweiges der Fernmeldetechnik ergeben.

Anders steht es mit dem Fernsehen. Die z. B. von Jenkins und von der Firma Telefunken in Zusammenarbeit mit Prof. Karolus angestrebte Einführung des Funkkinos, auf dessen wirtschaftliche Vorteile bereits hingewiesen wurde, kann wohl kaum als eine vollgültige Verwirklichung des Fernsehens angesprochen werden. Gelingt es aber, einen Vorgang, z. B. ein Fußballspiel, im Augenblick des Entstehens mit dem Bildsender aufzunehmen und die Aufnahme mit solcher Geschwindigkeit weiterzugeben, daß im Empfänger praktisch der Vorgang sofort einheitlich wahrgenommen werden kann, so wird man wohl von einem Fernsehen sprechen können. Es bleibt indes die Frage offen, ob eine derartige Vervollkommnung und Beschleunigung des Bildübermittlungsverfahrens tatsächlich großen praktischen Wert haben wird. Immerhin wird aus rein technischen Gründen auch nach diesem Ziel ernstlich zu streben sein. Daß nicht bereits größere Fortschritte auf diesem Gebiet erzielt worden sind, dürfte seinen Grund hauptsächlich darin haben, daß mangels in die Augen fallender praktischer Vorteile beim eigentlichen Fernsehen die für die Vorarbeiten erforderlichen erheblichen Geldmittel nur spärlich fließen[16]. [B 2244]

[15] Z. Bd. 67 (1923) S. 243.
[16] Vergl. auch folgende Bücher: „Bildtelegraphie" von Arthur Korn, Berlin u. Leipzig 1923; „Das elektrische Fernsehen und das Telehor" von D. von Mihály, Berlin 1926; „Elektrisches Fernsehen, Funkkinematographie und Bildfernübertragung" von W. Friedel, Berlin 1925; „Die Bildtelegraphie" von G. Fuchs, Berlin 1926.

Kuppelofen mit Kohlenstaub-Zusatzfeuerung

Von Prof. U. Lohse, Hamburg

Die Kohlenstaubfeuerungen verdanken ihre starke Entwicklung der Notwendigkeit sparsamster Wärmewirtschaft, die durch die wirtschaftlichen Nöte der Kriegs- und Nachkriegszeit veranlaßt wurde. In diesen Feuerungen kann man die Brennstoffe verwenden, die bisher gar nicht oder nur wenig ausgenutzt wurden, z. B. die bei der Sortierung ausgeschiedenen Förderkohlen mit über 50 vH feinkörnigen Bestandteilen, Fördergruskohlen und die bei nasser oder trockner Kohlenaufbereitung anfallenden grießartigen Abfallkohlen. Daneben kommen noch sonstige gasarme und aschenreiche Brennstoffe, die beträchtlichen Rückstände von Feuerungen usw. in Frage. Die Kohlenstaubfeuerung ist vom Brennstoff ganz unabhängig, da man ihn vor der Verbrennung zu Staub vermahlt und so in eine dem Verbrennungsvorgang günstige Form bringt.

Soll diese Art der Ausnutzung minderwertiger Brennstoffe wirtschaftlich sein, so muß man den Brennstoff mit möglichst geringem Aufwand an Maschinen, Vorrichtungen und Fördermitteln zerstäuben. Da ferner aus technischen, insbesondere aber aus Sicherheitsgründen eine längere Lagerung des Kohlenstaubes unerwünscht ist, muß er möglichst im Anschluß an seine Herstellung sofort verbrannt werden. Daher empfiehlt es sich, für jede Wärmeverbrauchstelle eine besondere Mahlanlage aufzustellen.

Während man Kohlenstaubfeuerungen für Dampfkessel- und Flammöfenbetriebe[1]) bereits in mehrfachen Ausführungen in den letzten Jahren erfolgreich verwendet, ist man neuerdings dazu übergegangen, den Kohlenstaub als zusätzliche Wärmequelle auch für den Betrieb von Gießereischachtschmelzöfen nutzbar zu machen, und hat dabei, wie aus mitgeteilten Versuchsergebnissen hervorgeht, gute Erfolge erreicht. In der dabei benutzten Kohlenstaub-Mahlanlage[2]) hat man Aufgabevorrichtung, Eisenabscheidung, Vorzerkleinerungsraum, Feinmahlraum, Staubsichtung und Staubförderung zu einer einzigen Maschine vereinigt. Für Gießereien verwendet man zweckmäßig eine Mahlvorrichtung mit einer Leistung von 200 bis 300 kg/h Steinkohle bei 5 bis 6 vH Feuchtigkeitsgrad, Abb. 1 und 2. Aus der Schlägermühle wird der Staub in einen Schlauchfilter gefördert, worin der Staub von der Förderluft getrennt wird. Unter dem Staubfilter steht ein Kohlenstaubbehälter, dessen trichterförmigen Auslauf ein Schieber abschließt.

Der Kohlenzerstäuber ist als schnellaufende Schlägermühle gebaut, Abb. 3 und 4. Der von ihr zu verarbeitende Brennstoff darf 15 bis 20 mm Korngröße, bei Steinkohlen bis 5 vH, bei Braunkohlen bis 20 vH Feuchtigkeitsgehalt haben.

Der zu mahlende Brennstoff fällt durch den Kohlentrichter *a* und das Einlaufrohr *b* in eine kreisende Telleraufgabe *c*, die ihn in einem gleichmäßigen Strom auf die sich drehende Magnetwalze *d* fallen läßt. Die Menge des zuströmenden Brennstoffs kann durch ein Handrad *e* eingestellt werden, das eine auf dem Ansatzrohr des Trichterauslaufs verschiebbare Blechmanschette *f* beeinflußt. Je höher die Unterkante dieser Manschette über dem Aufgabeteller steht, um so mehr Kohle wird zugeführt und umgekehrt.

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 1285.

[2]) Erbauerin Deutsche Babcock- & Wilcox-Dampfkessel-Werke A.-G., Oberhausen.

Abb. 1 und **2.** Mahlanlage mit Schlägermühle
a Kohlenzuführung
b Zerstäuber (Schlägermühle)
c Staubleitung
d Schlauchfilter
e Staubvorratsbunker
f Abzugvorrichtung

Abb. 7 und **8.** Kuppelofen mit Kohlenstaub-Zusatzfeuerung
a Brennstaubbehälter *b* Absperrschieber
c Staubaufgabegerät *d* Verteilstück *e* Einblasdüsen
f Druckluftleitung *g* Hauptventil

Abb. 3 und **4.** Kohlenzerstäuber, Bauart Babcock & Wilcox

a Kohlentrichter
b Einlaufrohr
c Telleraufgabe
d Magnetwalze
e Einstellhandrad
f Blechmanschette
g Schnecken- und Kettentrieb
h Einstellschraube
i Nachprüfklappe
k schräges Zulaufrohr
l zweistufige Mühle
m Mischraum
n Gebläse
o Zusatzgebläse
p Kupplung
q „

Die Telleraufgabe *c* wird von der Welle des Zusatzgebläses *o* aus mittels Schnecken- und Kettentriebes *g* angetrieben.

Ferner kann man den vom Teller gleichmäßig abfließenden Kohlenstrom durch einen einstellbaren Abstreicher, dessen Lage durch eine außerhalb des Gehäuses befindliche Einstellschraube *h* festgestellt werden kann, regeln. Eine Nachprüfklappe *i* am Gehäuse gestattet der Bedienung, auch bei im Gange befindlicher Maschine das Arbeiten der Zuteilvorrichtung zu beobachten.

Die Elektromagnetwalze *d* wird gleichfalls von der Getriebekette *g* des Zuteiltellers gedreht. Sie scheidet etwa der Kohle beigemengte Eisenteile aus; die gereinigte Kohle fällt durch das schräge Zulaufrohr *k* in die Mühle *l*.

Die Mühle hat zwei Mahlstufen, eine Grobstufe (links) und eine Feinstufe, in denen die Schläger arbeiten. Die Teile, die bereits in der Grobstufe genügend fein zerschlagen sind, werden von dem Gebläse *n* durch die Zwischenräume der Feinschläger hindurch sofort in die Fertigstufe gesaugt. Dadurch wird eine unnötige Belastung der Feinstufe vermieden und an Kraftbedarf gespart. Er beträgt für 1000 kg Kohlenstaub nur etwa 20 kWh und schwankt etwas je nach der Entfernung des Kohlenzerstäubers vom Ofen, der die Förderleistung beeinflußt, und dem Trockenheitsgrade des zu vermahlenden Stoffes.

Die Schläger laufen in auswechselbaren, geriffelten Hartstahl-Mahlgehäusen; diese sind mit doppelseitig verwendbaren Hartstahlplatten ausgerüstet, die ebenfalls leicht ausgewechselt werden können. Die in der Grobmahlstufe laufenden Schläger sind drehbar in ihre Naben eingesetzt und weichen daher den etwa mit in die Mühle gelangten harten Stücken aus, die dann in einen unter dieser Mahlstufe vorgesehenen Behälter fallen.

Ist der Feinheitsgrad des Mahlgutes in der ersten Stufe so groß, daß es von dem Saugstrom des Gebläses *n* angesaugt werden kann, so gelangt es in die Fertigmahlstufe, wo es durch die Gänge der drei Schlagkammern hindurch wandert und dabei auf die für den Brenner notwendige Feinheit zermahlen wird.

Außerdem saugt das Kohlenstaubgebläse heiße Luft aus der Brennkammer in die zwischen Gußmantel und Hartstahl-Mahlgehäusen befindlichen Hohlräume. Diese heiße Luft gibt ihre Wärme an die Mahlgehäuse ab, wodurch ein Ankleben feuchter Kohlenteilchen verhindert wird. Auch das Innere der Mahlgehäuse wird von einem Teil der heißen Luft durchstrichen, der dort dem Mahlgut weitere Feuchtigkeit entzieht, um dann zum Gebläse zu gelangen. Aus den Ringräumen wird der andere Heißluftteil durch den zwischen Mahlgehäuse und Gebläse liegenden Mischraum *m* hindurchgesaugt, um nach innigem Vermengen mit dem Kohlenstaub durch den Druckstutzen des Gebläses in die Brennkammer oder den Staubbehälter gefördert zu werden. In der Wandung des Mischraumes befinden sich Öffnungen, durch die dem Gebläse außerdem noch kalte Luft zugeführt werden kann. Diese Luftmengen, die einstellbar sind, dienen im wesentlichen nur als Fördermittel für den Kohlenstaub.

Das mit der Mühlenwelle unmittelbar gekuppelte Zusatzgebläse *o* saugt gleichfalls heiße Luft aus den Brennerräumen und drückt sie, Abb. 5 und 6, dem Kohlenstaubbrenner wieder zu, wo sie sich mit dem Kohlenstaub vermischt, jedoch ehe das Gemisch in die Brennkammer gelangt. Bei der Kuppelofen-Zusatzfeuerung fehlt das Zusatzgebläse *o*.

Die Mühlenwelle (1500 Uml./min) wird mit der Antriebwelle des Elektromotors durch eine Kupplung *p* und durch eine zweite Kupplung *q* mit der Welle des Zusatzgebläses verbunden. Da die Schlägermühle stets mit Unterdruck in ihrem Innenraum arbeitet, ist ein Austritt von Kohlenstaub unmöglich.

Die Mahlanlage, Abb. 3 und 4, kann zur Einrichtung einer Zusatzfeuerung in Verbindung mit jedem Kuppelofen benutzt werden. Daneben hat man aber auch eine besondere Kuppelofenbauart, Abb. 7 und 8[3]), geschaffen, bei der von vornherein der Eigenart des neuen Verfahrens Rechnung getragen ist.

Zwischen der Mahlanlage und dem Ofen ist ein Brennstaubbehälter *a* aufgestellt, der einen oder gegebenenfalls

Abb. 5 und **6.** Schema der Kohlenstaub- und Luftzuführung zum Brenner bei Kesselfeuerungen
a Mahlanlage *b* Kohlenstaub und Luft *c* Brenner *d* Schlitzdüse *e* Zusatzluft

[3]) Deutsche Babcock- & Wilcox-Werke.

Abb. 9. Wärmeschaubild des Kuppelofens, bezogen auf 100 kg Einsatz bei reinem Koksbetrieb. Kokssatz 15 vH mit 80 vH C, Abbrand 1 vH

Abb. 10. Wärmeschaubild des Kuppelofens, bezogen auf 100 kg Einsatz bei Betrieb mit Kohlenstaubfeuerung. Kokssatz 7,7 vH, Kohlenstaub 0,7 vH, Abbrand 1 vH

Abmessungen des Ofens:
Ofen-Dmr. 1000 mm, Ofenquerschnitt 0,7854 m²
Zahl der Düsen 8, Abmessungen der Düsen 385 × 185 mm
Gesamtquerschnitt der Düsen 0,56 m²
Höhe der Düsen über Herd 1160 und 1550 mm
Gebläseluft rd. 110 m³/min

mehrere Ausläufe hat. Der Auslauf ist unten durch ein Staubaufgabegerät *c* abgeschlossen, durch das man den Kohlenstaub in regelbaren Mengen mittels Druckluft von 2 at bei 2 m³/min angesaugter Luftmenge, die durch die Rohrleitung *f* zugeleitet wird, in die Einblasdüsen *e* des Kuppelofens fördert. Je nach Größe des Ofens sind zwei bis vier Einblasdüsen *e* in der Höhe der Schmelzzone gleichmäßig über den Ofenumfang in einer wagrechten Ebene verteilt.

Jede Art Brennstaub, aus Steinkohlen, Braunkohlen oder Koks hergestellt, kann verwendet werden, wenn er nur fein genug vermahlen ist. Die notwendige Feinheit ist bei etwa 30 vH Rückstand auf dem 4900er Maschensieb vorhanden. Bei Selbstherstellung kann man die für die andern Zwecke der Gießerei notwendigen Kohlenstaubmengen nebenbei auch noch mahlen.

Um die Zusatzfeuerung in Betrieb zu setzen, wird der Vorratbehälter *a* mit Staub gefüllt und das Hauptventil *g* der Druckluftleitung geöffnet. Durch Einstellen eines Hebels am Aufgabegerät des Sammelbehälters wird dann der Staubzulauf in den Druckluftstrom geregelt. Da keine mechanischen Antriebvorrichtungen verwendet werden, ist ein störungsfreier Betrieb gewährleistet.

Den Wärmestrom eines gewöhnlichen Kuppelofens von 1000 mm lichter Schachtweite und acht Winddüsen ohne und mit Kohlenstaub-Zusatzfeuerung zeigen Abb. 9 und 10. Die Zusatzfeuerung verringert erheblich die Wärmeverluste, die besonders infolge mangelhafter Verbrennung von CO und sich hieraus ergebenden Gehaltes der Gichtgase an Kohlenoxyd entstehen, so daß der Wärmewirkungsgrad bei gleicher Schmelzwärme beider Öfen bei Kohlenstaub-Zusatzfeuerung besser ist.

Bei 1 vH Zugabe von Staub war nur eine um etwa 40 vH geringere Satzkoksmenge notwendig. Die Gießtemperatur des Eisens war hoch genug, um laufend Gußstücke von 4 mm Wanddicke zu gießen. Als Folge des höheren Wirkungsgrades ergibt sich ein schnellerer Durchsatz der Gichten, so daß der Ofen etwa 30 bis 40 vH flüssiges Eisen mehr liefert als ein Ofen ohne Zusatzfeuerung. Schwefel- und Kohlenstoffzubrand sind geringer, und zwar: der Schwefelzubrand um 0,03 vH — z. B. statt 0,1 nur 0,07 vH — und der Kohlenstoffzubrand um 0,2 vH — z. B. statt 3,6 nur 3,4 vH.

Entsprechend diesen Tatsachen ist auch das mit Kohlenstaub-Zusatzfeuerung erschmolzene Eisen unter sonst gleichen Verhältnissen von höherer Güte als das nur mit Koks erschmolzene. [M 2402]

Elektrisches Schürfen nach Schlumberger

Von den verschiedenen Verfahren der angewandten Geophysik, mit denen man Lagerstätten nutzbarer Mineralien durch die unmittelbaren (Schwerkraft, magnetische Kraft) und die mittelbaren (Ausbreitung elektrischer Ströme und elektrischer und seismischer Wellen) Fernwirkungen der verschiedenen Mineralien und Gesteine unter Tage auffinden will, hat in den letzten Jahren in Japan das Verfahren von Schlumberger weitere Verbreitung gefunden. Dies Verfahren geht von dem Grundgedanken aus, daß an jeder Lagerstätte eines elektrisch leitfähigen Minerals, die teils über, teils unter dem Grundwasserspiegel liegt, meßbare elektrische Ströme auftreten. Zu diesen elektrisch leitfähigen Mineralien gehören mit Ausnahme der Zinkblende sämtliche Sulfide, Sulfarsenide und -antimonide, Manganoxyde und gewisse Anthrazite[1]), während die Karbonate, Silikate, Hämatite und Brauneisenstein Nichtleiter sind. Das Auftreten von elektrischen Strömen ist dadurch bedingt, daß sich die gesamte Erzmasse in ihrer ganzen senkrechten Ausdehnung gewissermaßen in einem Elektrolyten, dem Bodenwasser, befindet und daß die oberflächennahen Teile dieses Wassers eine große Menge an Sauerstoff enthalten, wogegen es unter dem Grundwasserspiegel fast sauerstoffrei ist. Diese Verschiedenheit in der Zusammensetzung des den Erzkörper umgebenden Elektrolyten bringt einen elektrischen Strom hervor, der in der Lagerstätte selbst nach unten fließt und durch das Nebengestein wieder nach oben zurückkehrt.

Die infolgedessen auftretenden Spannungsunterschiede sind an der Erdoberfläche mit nicht polarisierbaren Elektroden und einem empfindlichen Galvanometer meßbar. Die Ausdehnung des elektrischen Feldes hängt von der Form der Lagerstätte ab. Während schmale Gänge nur auf eine querschlägige Entfernung von 10 bis 20 m vom Ausbiß des Ganges bemerkbare Potentialunterschiede geben, kann sich diese Wirkung bei großen pyritischen Massen (Lagern) auf querschlägige Entfernungen von 200 bis 300 m erstrecken.

Eine Reihe von sehr bemerkenswerten Untersuchungen nach diesem Verfahren wurden von Y. Fujita[2]) an japanischen Schwefelkies-Kupferkies-Lagerstätten durchgeführt. Die zu den Stromlinien senkrecht verlaufenden Äquipotentiallinien fand man mit Hilfe eines auf einen Dreifuß besonderer Bauart gebauten Galvanoskopes. Zwei der Füße des Dreifußes waren isoliert, während der dritte die feste, nicht polarisierbare Elektrode bildete, mit der der eine Pol des Galvanometers verbunden war. Der andere Pol führte über einen langen biegsamen Kupferdraht zur Suchelektrode. Es wurden metasomatische Lagerstätten von Schwefelkies und Kupferkies, sowie in Schiefern und Lipariten auftretende Gänge von kupferhaltigem Pyrit sowie Kupferkies und Zinkblende, die teilweise noch nicht durch Bergbau erschlossen sind, untersucht und hierbei Spannungsunterschiede von 300 bis 600 mV, in einem Falle von 1320 mV gemessen.

Das Verfahren zeigte sich als besonders geeignet zur Aufsuchung in geringer Teufe liegender, mineralreicher Lagerstätten. Der Einfluß von überlagerndem Deckgebirge gab sich bei Zunahme der Deckgebirgsmächtigkeit durch verringerte elektrische Einwirkung des Erzkörpers kund. Die durch Verdampfung und Abwanderung bedingte Feuchtigkeitsveränderung des Bodens übt einen störenden Einfluß bei der Ablesung der Galvanometernadel aus. Der Einwirkungsbereich von elektrischen Untertagemaschinen (500 V Gleichstrom) erstreckt sich auf 600 m. Fernerhin haben sich erzhaltige Halden und fließendes Wasser von ungünstigem Einfluß auf die Messung erwiesen. Parallele, eng beieinander liegende Gänge lassen sich leicht durch zeichnerische Darstellung auf Potentialprofilen erkennen. Als Höchstleistung wurden bei den Messungen 100 Punkte in einer Schicht aufgenommen, so daß das Verfahren die Möglichkeit bietet, unter geeigneten Verhältnissen weite Gebiete auf einfachem Wege schnell und billig geophysikalisch zu vermessen. [N 2634] Pr.

[1]) Engineering and Mining Journal Bd. 113 (1922) S. 870.

[2]) Memoirs of the College of Engineering, Kyoto Imperial University, Bd. 4 (1926) Heft 3 S. 63.

RUNDSCHAU

Lichttechnik

Tageslichtbeleuchtung

Den Hauptgegenstand der technischen Vorträge der 14. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft am 17. September 1926 in Essen bildete die Frage der Beleuchtung durch natürliches Tageslicht. Diese Frage wurde vom Standpunkt des Hygienikers, Architekten und Lichttechnikers besprochen. Professor Dr. A. Korff-Petersen, Kiel, erörterte in einem Vortrag über „Hygienische Anforderungen an die Tagesbeleuchtung“ in erster Reihe den unmittelbaren Einfluß des Lichtes auf den menschlichen Körper, der sich vermöge einer Umwandlung der strahlenden Energie des Lichtes in chemische Energie, z. B. bei der Zusammensetzung des Blutes, äußert. So sind Zunahmen der Muskelleistungen und des Körperwachstums im Frühjahr und Sommer einwandfrei festgestellt. Der Einfluß des Tageslichts wird daher auch zur Bekämpfung von Krankheiten, wie z. B. der Tuberkulose, in weitem Maße herangezogen. Diese Einflüsse treten allerdings hauptsächlich im Freien auf und machen sich in Innenräumen in bedeutend geringerem Maße geltend. Immerhin ist aber auch hier ein Einfluß dunkler und lichtloser Wohnungen auf Entstehung verschiedener Krankheiten nicht zu verkennen. Nicht minder wichtig sind die mittelbaren Einflüsse des Lichtes in den Wohnungen.

Die Anforderungen an die notwendige Beleuchtungsstärke in Wohnräumen gehen bei Tageslichtbeleuchtung recht weit auseinander. Jedenfalls sollten aber in jedem Wohnraum einige Plätze verfügbar sein, an denen sich bequem schreiben und lesen und weibliche Handarbeiten verrichten lassen. Dies läßt sich im allgemeinen erreichen, wenn in Tischhöhe das unmittelbare Himmelslicht noch mindestens 1 m weit in das Zimmer hineinreicht. Als einfacher Anhaltspunkt für die Bemessung der Fensteröffnung kann die von Küster aufgestellte Forderung dienen, daß mindestens ein Drittel und besser noch die Hälfte der Bodenfläche des Raumes unmittelbares Himmelslicht bekommen soll. In Schulen und Werkstätten sollte jeder Arbeitsplatz eine gewisse Menge von unmittelbarem Himmelslicht erhalten; man sollte sich hierbei nicht mit dem reflektierten Licht allein begnügen. Wichtig ist dabei auch der Richtungssinn des Tageslichts. Es sollte am besten von der linken Seite herkommen.

Für Schulräume ist die Lage der Fenster wichtig. Es ist wünschenswert, daß die Klassenzimmer außerhalb der normalen Schulzeiten zeitweise besonnt werden. Dies wird bei westlicher oder südwestlicher Lage der Fenster unter Voraussetzung schulfreier Nachmittage am besten zu erreichen sein. Da die im Interesse guter Beleuchtung groß angelegten Fensterflächen einen erheblichen Wärmeverlust bedingen, erscheinen in unseren Breiten Doppelfenster allgemein zweckmäßig.

Architekt Dipl.-Ing. K. H. Tischer sprach über „Bautechnische und künstlerische Anforderungen an die Tagesbeleuchtung von Räumen“ und wies dabei auf die sehr verschiedenartigen Beleuchtungsverhältnisse hin, wie sie bei Tageslichtbeleuchtung im Verhältnis zur künstlichen Beleuchtung vorkommen. Sie sind in der Hauptsache vom Stand der Sonne und der Bewölkung, der Höhe des Bauwerks und der Bemessung der Freiflächen abhängig. Um Übertreibungen seitens der einzelnen Unternehmer vorzubeugen, haben die Baupolizeiordnungen bestimmte Vorschriften gegeben, um dem entstehenden Raum und den Nachbargrundstücken eine ausreichende Menge von Licht zuzuführen. Die einfachsten Vorschriften sind die für das Verhältnis zwischen Bauhöhe und Straßenbreite. Hier wird sehr häufig eine Bauhöhe zugelassen, die der Straßenbreite gerade gleichkommt. Besonders bemerkenswert sind in dieser Hinsicht die unter dem Einfluß von Küster entstandenen Bauordnungen von Magdeburg und Görlitz und die von Burchard bearbeitete Hamburger Bauordnung. Während erstere für die Berechnung eine einfache Formel zugrunde legen, wurde für Hamburg ein Beleuchtungsmeßblatt zur zeichnerischen Ermittlung des Ergebnisses ausgearbeitet.

Auch für die Wahl ausreichender Fenstergröße und richtige Anordnung der Fenster für gute Tagesbeleuchtung der Räume wird in den Bauordnungen häufig durch Festlegung eines bestimmten Verhältnisses zwischen Fensterfläche und Bodenfläche der Räume gesorgt. Neben ausreichender Größe der Fenster ist ihre Lage besonders wichtig. Die obersten Partien der Wände sollten möglichst weitgehend für die Fenster mit herangezogen werden, um so viel Himmelslicht wie möglich in die Räume gelangen zu lassen. Ferner darf durch undurchsichtige Vorhänge die Nutzfläche der Fenster nicht unnötigerweise verkleinert werden, insbesondere an den oberen Teilen der Fensterflächen.

Dipl.-Ing. Hg. Frühling hielt einen Vortrag über „Grundlagen für die Messung und Berechnung der Tagesbeleuchtung in Innenräumen“. Er berichtete über eine größere Reihe von Tageslichtmessungen in Innenräumen, die auf Veranlassung von Dr.-Ing. L. Bloch von der Beleuchtungstechnischen Abteilung der Firma Osram, G. m. b. H., in den letzten Jahren ausgeführt wurden. Während die bisher vorliegenden Messungen sich meist auf Einzelwerte der Beleuchtung beschränkten oder auf die Bestimmung des sogenannten Tageslichtquotienten hinausliefen, lag den neuen Messungen der Leitgedanke zugrunde, an Hand der Messungsergebnisse zu einem einfachen Verfahren der Vorausberechnung der Tagesbeleuchtung zu gelangen. Dieses Berechnungsverfahren schließt sich eng an das für künstliche Beleuchtung heute hauptsächlich gebrauchte Wirkungsgradverfahren an. Als Wirkungsgrad der Tagesbeleuchtung eines Innenraumes ist das Verhältnis des auf die Bodenfläche des Zimmers fallenden Lichtstromes zu dem durch die Fenster eintretenden Lichtstrom anzusehen. Diese beiden Lichtströme lassen sich in einfacher Weise als Produkt aus der gemessenen mittleren Beleuchtung und der Bodenfläche, bzw. der Fensterfläche, bestimmen. Ihr als Raumwirkungsgrad bezeichnetes Verhältnis hat nach dem Ergebnis der ausgeführten Messungen ziemlich genau dieselbe Größe wie der Wirkungsgrad bei künstlicher Beleuchtung. Der Einfluß der Innenausstattung des Raumes äußert sich hierbei deutlich.

Neben der für den Wirkungsgrad in Betracht kommenden mittleren Beleuchtung der Bodenfläche eines Raumes ist auch noch die Mindestbeleuchtung von ausschlaggebender Bedeutung. Ihr Verhältnis zu der höchsten auf der Bodenfläche vorkommenden Beleuchtung kann man als Gleichmäßigkeit bezeichnen. Sie ist bei Tagesbeleuchtung in Innenräumen bedeutend schlechter als bei künstlicher Beleuchtung, ohne daß uns dies zum Bewußtsein kommt. In den untersuchten Räumen lag die Mindestbeleuchtung zwischen 2 vH und 15 vH der mittleren Beleuchtung.

Für die Berechnung der mittleren Beleuchtung ist neben dem Raumwirkungsgrad noch das Verhältnis zwischen der Beleuchtung der Fensterflächen und der Wagerechtbeleuchtung im Freien maßgebend. Es wird als Fensterfaktor bezeichnet und ist hauptsächlich von der Höhe der gegenüberliegenden Gebäude abhängig.

Aus den Werten des Raumwirkungsgrades und des Fensterfaktors läßt sich in einfacher Weise die mittlere Beleuchtung eines Raumes berechnen. Man muß hierbei natürlich einen bestimmten Normalwert für die im allgemeinen sehr stark schwankende Außenbeleuchtung annehmen, auf den sich die Raumbeleuchtung beziehen soll. Hierüber wird noch eine Einigung zu treffen sein. Es ist anzunehmen, daß dieser Normalwert in der Größenordnung von 3000 Lux liegen wird. Bei der Ausarbeitung des hier beschriebenen Berechnungsverfahrens wurde besonderer Wert darauf gelegt, es so einfach zu gestalten, daß es ohne besondere Vorkenntnisse nicht nur von Lichttechnikern, sondern auch von Architekten benutzt werden kann.

In einem Vortrage über „Ergänzung und Ersatz des Tageslichtes durch künstliches Licht“ machte Dr. H. Lux auf die großen Gegensätze zwischen der Beleuchtung durch Tageslicht und durch künstliches Licht aufmerksam. Stärke und Gleichmäßigkeit der Beleuchtung, Lichtfarbe, Richtungssinn und Schattigkeit sind bei beiden ganz verschieden. Die Ergänzung des zwar noch vorhandenen, aber unzureichenden Tageslichts durch künstliches Licht bereitet deshalb erhebliche Schwierigkeiten, und die allgemeine Abneigung gegen das Zwielicht, eine Mischung von Tageslicht mit künstlichem Licht, hängt damit zusammen. Bei den erheblichen Unterschieden zwischen der üblichen Tagesbeleuchtungsstärke in neuzeitlich eingerichteten Arbeitsräumen und den für künstliches Licht üblichen Werten erscheint auch für das Mischlicht eine wesentlich stärkere Beleuchtung erforderlich als für das künstliche Licht allein. In unzureichend durch Tageslicht beleuchteten Räumen muß man daher für das aushilfsweise heranzuziehende künstliche Licht eine größere Stärke vorsehen, als es für die Beleuchtung während der Dunkelheit erforderlich erscheint. Aber auch hinsichtlich der Schattigkeit und des Richtungssinnes muß man das

künstliche Licht dem Tageslicht, wenn es zu seiner Unterstützung dienen soll, anzupassen suchen. Das wird hauptsächlich durch halbmittelbare Beleuchtung mit vorzugsweise mittelbarem Anteil erreicht, besonders wenn die Leuchten mehr in der Nähe der Frontwand angebracht sind. Störend wirkt auch der Farbenunterschied zwischen dem Tageslicht und dem künstlichen Licht. Er läßt sich durch Anwendung von Tageslichtleuchten oder Tageslichtlampen mildern und, wenn erforderlich, auch ganz beseitigen. Besonders wichtig für gute Wirkung des künstlichen Tageslichts ist in jedem Falle die Wahl ausreichend starker Lampeneinheiten. Die hierdurch entstehende Erhöhung der Betriebskosten spielt im Vergleich zu der zu erzielenden Förderung der Arbeit nur eine untergeordnete Rolle. Die Anwendung des künstlichen Tageslichts kann auf die Fälle beschränkt werden, wo eine dem natürlichen Tageslicht entsprechende Lichtfarbe notwendig ist. In allen übrigen Fällen reicht die normale Lichtfarbe unserer heute gebräuchlichen Lichtquellen völlig aus.

Berlin. [N 2419] Dr. L. Bloch

Aus dem Ausland

Dampfmaschinen

Riesen-Gleichstrom-dampfmaschinen

Die Nordberg Mfg. Co., Milwaukee, Wis., hat uns vor einiger Zeit genauere Angaben über die von ihr gebauten Walzenzugmaschinen des Stahlwerks Steubenville, Ohio, der Wheeling Steel Co. zur Verfügung gestellt, die es möglich machen, unsere kurze Mitteilung über diese Maschinen[1]) zu ergänzen.

Abb. 1 zeigt die fertig zusammengebaute Maschine in der Werkstatt, Abb. 2 die unverkleideten Zylinder und deren Stützung, Abb. 3 die Kurbelwelle, die in den Hauptlagern 559 mm Dmr. und 711 mm Lauflänge, an den Kurbelzapfen 533 mm Dmr. und 406 mm Lauflänge hat. Die Pleuelstangen sind hohl und haben 254 mm Dmr.

Abb. 1. Walzenzugmaschine von 843 mm Zyl.-Dmr. und 1522 mm Hub für 30 000 PS

Abb. 2. Die Maschine, Abb. 1, im Zusammenbau

Die Nordberg Co. führt ihre Ventilmaschinen im Einvernehmen mit der Sundwiger Eisenhütte mit der von Doerfel herrührenden Zwangschluß-Steuerung[2]) aus, die hier besonders einfach wird, weil die Gleichstrommaschine keine Auslaßventile auf der Unterseite des Zylinders nötig hat. Die Hilfsauslaßventile, die bei der Umkehrmaschine zur Verminderung der Verdichtung beim Anfahren erwünscht sind, sind neben den Einlaßventilen angebracht, Abb. 4. Sie werden durch den Daumenrand niedergedrückt, wenn man die Steuerung über die Normalstellung auslegt. Die Normalstellung des Steuerhebels ist durch federnde Anschläge begrenzt, die bei weiterem Auslegen zusammengedrückt werden müssen. Die Maschine wird etwa 20mal in der Minute umgesteuert und läuft dabei mit ungefähr 2,5 Uml./s.

An jedem Ventil ist zum Schutz gegen Überverdichten ein nach dem Dampfraum hin öffnendes Sicherheitsventil, Abb. 5, angebracht. Ventilgehäuse und Sitzkörbe sind getrennt hergestellt, wie s. Z. bei Maschinen der Maschinenfabrik F. Ringhoffer, die nach dem Entwurf von Doerfel gebaut wurden.

Die Steuerwelle liegt quer oberhalb der Rundführungen, die Drehung wird durch schräg ziehende Triebstangen herbeigeführt, die an fünffach gekröpften Wellenansätzen angreifen. Umsteuerung und Füllungsänderung erfolgen nach Marshall, wobei des Füllungsausgleiches wegen für jedes Zylinderende ein eigener Lenker angeordnet ist. Bei der Umkehrmaschine sind in der Mittelstellung des Handhebels alle Einlaßventile geschlossen; außerdem ist auch das Hauptdampfventil geschlossen, das ebenfalls mittels Zwangschlußdaumens bewegt und beim Auslegen des Handhebels vorwärts oder rückwärts geöffnet wird. Die Hilfszylinder für Drucköl werden bei der fortdauernd umlaufenden Maschine durch einen Geschwindigkeitsregler beherrscht. Bei der Umkehrmaschine gibt ein besonderer Regler beim Überschreiten von 150 Uml./min ein Glockenzeichen und stellt bei 160 Uml./min den Dampf ab. Außerdem ist ein Schnellschlußventil vorhanden, das auf 170 Uml./min eingestellt ist und von verschiedenen Stellen aus betätigt werden kann, um die Maschine rasch stillzusetzen. In Anbetracht der hohen Kolbengeschwindigkeit, die bei 150 Uml./min 7,6 m/s beträgt, sind diese Vorsichtsmaßnahmen begreiflich.

Zur Schmierung dient Drucköl, das dem Triebwerk durch eine Bohrung der Kurbelwelle, der Steuerung durch

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 990. [2]) DRP 135 685.

Abb. 3. Kurbelwelle der Maschine

Abb. 4 Einlaßventil mit Hilfsauslaßventil und Steuerung der Walzenzugmaschine

eine Bohrung der Steuerwelle zugeführt wird. Dank dieser Einrichtung war es seit Übernahme des Betriebes im Januar 1924 noch nicht nötig, das Triebwerk zu überholen.

Die Nordberg Co. hat noch mehr solche Maschinen geliefert. Die größte ist eine Zwillings-Walzenzugmaschine mit Zylindern von 1522 mm Dmr. und 1674 mm Hub[3]). Das sind recht bemerkenswerte Leistungen im Bau von Kolbendampfmaschinen, an denen auch der deutsche Maschinenbau einen Anteil hat. [M 2629]

[3]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1473.

Abb. 5. Einlaß- und Sicherheitsventil

Eisenhüttenwesen

Neues Rohrwalzwerk der Pittsburgh Steel Products Co.[1])

Eine neue Rohrwalzwerkanlage, Abb. 6, die von der Demag A.-G., Duisburg, geliefert ist, wurde kürzlich bei der Pittsburgh Steel Products Co., Allentown, in Betrieb gesetzt. Sie besteht aus einem Schrägwalzwerk, Abb. 7, und einem Pilgerschritt-Walzwerk mit zwei Walzgerüsten, Abb. 8, für eine Leistung von 300 t Rohre von 150 bis 320 mm Außendurchmesser in 24 h. Bei dieser Anlage besteht für Amerika eine Neuerung darin, daß die Rohre unmittelbar aus dem Block ohne weiteres Auswalzen hergestellt werden. Die Blöcke werden in verschiedenen Durchmessern und Längen für die verschiedenen Durchmesser und Längen der Rohre gegossen. Um längere Blöcke auf die zum Lochen nötige Länge zu zerteilen, werden sie in einem hydraulischen Blockbrecher nach vorherigem Einkerben an der gewünschten Bruchstelle in zwei oder mehr Stücke zerbrochen. Durch dieses Verfahren wird eine ausgezeichnete Gelegenheit geschaffen, den Stahl auf hohle Stellen zu untersuchen. Unganze Stücke werden zurückgewiesen.

[1]) „The Iron Age" Bd. 118 (1926) S. 846.

Abb. 6. Rohrwalzwerkanlage der Pittsburgh Steel Products Co., Allentown, geliefert von der Demag, Duisburg, Lageplan

a Blockbrecher *b* Blockwärmöfen *c* Schrägwalzwerk *d* Pilgerschritt-Walzwerk *e* Schleppzüge *f* Nachwärmofen *g* Polierwalzwerk *h* Maßwalzwerk *i* Richtmaschine *k* Warmbett *m* Druckwasserpumpen *n* Luftverdichter *p* Aufarbeitungsanlage für die Dorne *q* elektrisches Umformerwerk

Abb. 7. Schrägwalzwerk

Abb. 8. Pilgerschrittwalzwerk

Die Stücke werden in zwei Öfen auf rd. 1400 °C erhitzt; diese Öfen haben einen schwach geneigten Herd, auf dem die Stücke langsam hinunterrollen. Aus dem Ofen gelangen die Blöcke auf einen Rollgang, der sie zum Schrägwalzwerk bringt. Die Öfen sind 21,35 m lang und 3,05 m breit. Das Schrägwalzwerk wird durch einen 2250 PS-Motor angetrieben. Nach dem Lochen gelangt der Block zu einem der beiden Pilgerschritt-Walzgerüste und wird hier auf einen Dorn gezogen, dessen äußerer Durchmesser dem Innendurchmesser des Rohres entspricht. Der Dorn bildet das vordere Ende eines Kolbens in einem Luftzylinder, der selbst als Kolben in einem hydraulischen Zylinder geführt ist. Beim Pilgerschrittverfahren wird im Gegensatz zu den anderen Röhren-Ausstreckverfahren nur ein mit Kaliber versehenes Walzenpaar verwendet. Diesem Walzenpaar wird entgegengesetzt zu seiner Drehrichtung der dickwandige, den zylindrischen Stahldorn umschließende Hohlkörper zugeführt. Während das Werkstück bei der einen halben Umdrehung der mit einem exzentrischen Kaliber versehenen beiden Walzen unter gleichzeitiger Verminderung des Blockquerschnittes von den Walzen ein gewisses Stück zurückgeworfen wird, bringt bei der nächsten halben Umdrehung des Walzenpaares der vor dem Walzgerüst angeordnete Werkstückzubringer das Werkstück wieder mechanisch vor, und zwar um ein geringes Maß mehr, als es vorher zurückgeworfen wurde. Zwischen jedem Stoß wird der Dorn mit dem Rohr mechanisch um 90 ° gedreht. Bei diesem abwechselnden Vor- und Rückwärtspilgern des Werkstückes geht das Ausstrecken des auszuwalzenden Hohlblockes zum dünnwandigen glatten Rohr so schnell vonstatten, daß das Rohr in einer Hitze hergestellt wird. Der Dorn wird herausgezogen, abgekühlt und ein neuer Dorn auf den Kolben gesetzt. Die Enden des Rohres werden auf einer Warmsäge gerade geschnitten. Die beiden Pilgerschritt-Walzgerüste werden von einem 2000 PS-Motor mit Schwungrad angetrieben.

Entweder gehen die Rohre jetzt, ohne im Ofen wiedererwärmt zu werden, unmittelbar zum Maßwalzwerk und zu der Richtmaschine, oder sie werden, falls eine besonders glatte und polierte Oberfläche verlangt wird, noch nach Durchgang durch den Ofen einem Polierwalzwerk und dann erst dem Maßwalzwerk zugeführt. Dieser Ofen wird mit natürlichem Gas geheizt. Das Polierwalzwerk besteht aus einem Paar kurzer, schwerer Walzen von tonnenförmiger Gestalt mit leicht gegen die Wagerechte in entgegengesetzten Richtungen geneigten Achsen, die in der Richtung des Rohres liegen. Das warme Rohr wird über einen Dorn, der zwischen diesen Walzen liegt, gezogen. Beide Walzen drehen sich in derselben Richtung und setzen das Rohr und den Dorn mit in Drehbewegung. Durch die Reibungswirkung der Walzen wird das Rohr langsam über den Dorn gezogen und verläßt das Walzwerk vollkommen rund und mit hochglänzender Oberfläche und gleichmäßiger Wanddicke, aber mit einem etwas größeren Durchmesser als normal. Der Dorn wird während des Walzens durch Wasser gekühlt.

Das Rohr geht dann zum Maßwalzwerk, das zwei wagerechte kalibrierte Walzen hat, deren Kaliber genau den äußeren Durchmessern der betreffenden Rohre entsprechen. In diesem Walzwerk erhält das Rohr den genauen äußeren Durchmesser, wobei kein Dorn benutzt wird. Zum Schluß geht das Rohr noch durch eine Kreuzwalzen-Richtmaschine, in der es nachgerichtet wird. Nachdem das Rohr nun auf einem Warmbett abgekühlt ist, wird es in der Adjustage auf gewünschte Längen geschnitten und gegebenenfalls mit Gewinde versehen. Im allgemeinen werden auf dem Walzwerk Rohre von 20 m Länge und darüber hergestellt. Für einen besonderen Zweck hat man sogar Rohre von 39,5 m Länge gewalzt. Zum Antrieb der verschiedenen Einrichtungen, wie Walzwerke, Rollengänge, Hilfsmaschinen, Krane usw., dienen insgesamt 152 Motoren mit zusammen 10 000 PS, drei Stromerzeuger und zwei Erreger. [M 2417]

Amberg, Opf. H. Illies

Werkstoffbearbeitung

Lichtbogenschweißung bei Eisenkonstruktionen

Bei der Prüfung geschweißter Eisenkonstruktionsteile hat die Westinghouse-Gesellschaft in Amerika festgestellt, daß mit Hilfe der Lichtbogenschweißung und bei entsprechender Durchbildung der Konstruktion im Eisenhochbau nicht nur die gleiche Sicherheit wie beim Nieten erreicht wird, sondern teilweise sogar eine höhere Sicherheit, eine bessere Ausnutzung der Profile und damit eine Gewichtersparnis zu erzielen ist.

Die Verbindungen ungleich großer und ungleichartiger Profile durch Schweißen kann man konstruktiv einfacher lösen als durch Nieten. Man kann daher die Profile so wählen, daß sie an allen Stellen ungefähr die gleiche zugrundegelegte Beanspruchung erfahren. Man braucht nicht aus Rücksicht auf die Schwächung des Querschnittes durch Nietlöcher an den Verbindungsstellen die Profile für die anderen Querschnitte der Träger unnötig groß zu nehmen. Als besonders günstig wird es vermerkt, daß beim Anschluß von I- und U-Trägern an senkrechten Säulen mit gleichem Querschnitt durch Einschweißen von Flacheisen zwischen die Flanschen der Säulen gewissermaßen ein Durchlaufen der Trägerflanschen erreicht wird. Die Forscher Candy und Fish [1]) von der Westinghouse-Gesellschaft kommen auf Grund ihrer Versuche in der Hauptsache zu folgenden Ergebnissen:

1. Schweißverbindungen können in der Weise entworfen und ausgeführt werden, daß die volle Stoffestigkeit der verbundenen Konstruktionsteile ausgenutzt wird.
2. Wagerechte und schräge Stäbe können an Säulen unbedingt fest angeschlossen werden.
3. Für die Träger läßt sich ein geschlossener Kraftfluß auch durch Säulen hindurch erreichen.
4. Ein I-Träger mit vorgeschriebenen Maßen für Querschnitt und Länge kann weit höher belastet werden, wenn er an seinen Enden durch zweckentsprechende Schweißverbindung gehalten wird gegenüber dem andern Fall, daß er in üblicher Weise durch Nietverbindungen mit Winkeleisen an Ober- und Unterflansch angeschlossen ist.
5. Ein geschweißter Träger in richtiger Ausbildung hat infolge der besseren Stoffverteilung im Querschnitt bei gleicher Leistung geringeres Gewicht als ein genieteter Träger, oder bei gleichem Gewicht leistet ein geschweißter Träger mehr.

Die bei den Versuchen geprüften Schweißverbindungen wurden praktisch beim Neubau des Sharonwerkes der Westinghouse-Gesellschaft angewendet. Durch die Schweißverbindungen ersparte man bei dem Stahlgerippe des Hauses einen verhältnismäßig großen Teil des Gewichtes.

Abb. 9 bis 15 zeigen die Gestaltung der Verbindungen, Abb. 16 bis 19 einige Versuchstücke. Sehr anschaulich ist

[1]) „The Welding Engineer" Bd. 11 (1926) Heft 9 und 10.

Abb. 9 und 10. Anschluß eines durchlaufenden I-Trägers an eine Säule

Abb. 11 und 12. Kreuzung zweier durchlaufender Träger

Abb. 13 bis 15. Einseitiger Anschluß eines Trägers an eine Säule

auch die Gegenüberstellung eines geschweißten und eines gleichstarken genieteten Trägers vor und nach dem Versuch, Abb. 20 und 21.

Das Vorgehen der Westinghouse-Gesellschaft ist bemerkenswert. Eingehende Versuche mit geschweißten Konstruktionen bis zu den größten Abmessungen sind in Amerika und auch in Deutschland bereits mehrfach gemacht. Ausführliche Berichte über die unmittelbare Anwendung der Versuchsergebnisse auf die Bauausführung und über das weitgehende Heranziehen des Konstrukteurs sind jedoch hier anscheinend zum erstenmal veröffentlicht worden.

Berlin [M 2699] Dr. Adrian

Meßgeräte

Ein neuer Wärmemesser zur Messung von Oberflächentemperaturen

In der Textil-, Gummi-, Papier-, Linoleum- und andern Industrien werden Walzen verwandt, die mit Gas oder Dampf geheizt werden. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die Güte des Enderzeugnisses wesentlich von der Oberflächentemperatur der Walze abhängt, so daß es nötig ist, die Temperaturen der Walzen jederzeit genau zu messen. Bisher standen hierfür das Quecksilberthermometer und das gewöhnliche Thermoelement zur Verfügung. Es ist jedoch

Abb. 16 und 17. Verbindung nach Abb. 9 vor und nach der Belastung

Abb. 18 und 19. Verbindung nach Abb. 12 vor und nach der Belastung

Abb. 20. In der Mitte genieteter Träger. Oben geschweißter Träger gleicher Bauart. Unten geschweißter Träger eigener Bauart

Abb. 21. Nach der Belastung

Abb. 22. Wärmemesser für Oberflächentemperaturen
a aus Kupfer und Konstantan zusammengeschweißter glatter, biegsamer Streifen *b* Halter *c* Leitungschnur

mit beiden Meßgeräten nur bei großem Zeitaufwand und auf ziemlich umständliche Weise möglich, einigermaßen genaue Ergebnisse zu erhalten[1]). Dies liegt daran, daß sich die Temperatur nicht genügend schnell und verlustlos von der Walze auf das Meßgerät zu übertragen vermag. Die Cambridge Instrument Co., Ltd., hat nun vor einiger Zeit einen Temperaturmesser herausgebracht, bei dem diese Mängel vermieden sind, Abb. 22. Das Meßgerät ist als Thermoelement ausgebildet und besteht aus einem aus Kupfer und Konstantan zusammengeschweißten glatten, biegsamen Streifen *a* von 0,25 mm Dicke und rd. 6 mm Breite, der in einem Halter *b* eingespannt ist.

Drückt man das Meßgerät so auf die Walze, daß die Rollen gerade aufliegen, so berührt der Streifen in rd. 100 mm Länge beiderseits der Schweißstelle die Walzenoberfläche. Die Leitungsschnur *c* führt von dem Handgriff zu einem besonderen tragbaren Spannungsmesser. Durch eine Haltevorrichtung läßt sich das Meßgerät an der Walze befestigen, so daß man, wenn mehrere Walzen geprüft werden sollen, an jeder Walze ein Meßgerät befestigen und jedes Meßgerät über einen Schalter mit dem Zeigergerät verbinden kann. Durch einfaches Drehen des Schalters kann man dann nach Belieben irgendeine Walze einschalten. Die Leitungsschnur hat sich jedoch oft als nachteilig erwiesen, da sie leicht in bewegte Maschinenteile gerät und zerreißt oder sich verwickelt.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) Ergänzungsheft „Technische Mechanik" S. 49.

Abb. 23. Ausführung des Wärmemessers, vereinigt mit Zeigergerät

Daher wurde noch ein andres Meßgerät gebaut, bei dem das Zeigergerät unmittelbar mit dem Handgriff vereinigt ist, Abb. 23, so daß die Temperatur ohne jede Leitungsschnur sofort beim Anhalten abgelesen werden kann. Der Spannungszeiger ist für Temperaturen bis 200 ° C geeicht. Die zweite Schweißstelle des Streifens liegt im Handgriff. Die Unregelmäßigkeiten der Temperatur an dieser Stelle werden selbsttätig durch eine Ausgleichvorrichtung aufgehoben.

Diese Meßgeräte sollen schon in größerer Zahl in den obengenannten Industrien benutzt werden und sich gut bewähren. Bei sauberen Walzenoberflächen soll man schon nach 3 bis 4 s die Temperatur genügend genau ablesen können. („Engineering" Bd. 112 (1926) S. 507.)
[M 2579] E. S.

Berichtigung

Großrüttler

In dem Aufsatz von U. Lohse in Z. Bd. 71 (1927) Nr. 4 muß es auf S. 113 in der Unterschrift zu Abb. 16 heißen: — Senken des Formkastens — Kasten noch nicht unten angekommen. [N 115]

Kleine Mitteilungen

Ein neuartiger Dampferzeuger für gasförmige Brennstoffe

Eine ganz neuartige Kesselbauart für Gasfeuerungen aller Art, der „La Mont Steam Generator", ist seit Anfang 1925 auf einem großen Wassergaswerk im Betrieb. Das Verfahren besteht darin, daß in eine Anzahl senkrechter, eng zusammenstehender Rohre Wasser von oben eingespritzt wird und an den Rohrwänden entlang nach unten fließt. Die Brenngase streichen in umgekehrter Richtung an den Rohren entlang und verdampfen einen großen Teil der verhältnismäßig dünnen Wasserhaut. Die Dampfbläschen werden von dem unverdampften Wasser nach unten gerissen, treten in eine außerhalb des Feuerraumes befindliche Trommel und trennen sich dort von dem Wasser; dieses wird durch eine Umlaufpumpe, mit Frischwasser vermischt, wieder nach oben gepumpt und von neuem in die Rohre eingespritzt. Der durch ein Rückschlagventil in die Dampfleitung tretende Dampf hat nach Versuchsergebnissen nur etwa 1 vH Wassergehalt.

Der Vorteil des neuen Verfahrens, das schon seit Jahren in kleinen Versuchsanlagen erprobt wurde, besteht vor allem darin, daß der Wärmeübergang wegen der hohen Gas- und Wassergeschwindigkeiten und des ganz dünnen Wasserschleiers an den Rohrwänden sehr gut ist. Die Dampfbildung ist deshalb besonders günstig, weil die Dampfbläschen auf ihrem Wege keinen Widerstand finden. Dies hat auch den Vorteil, daß örtliche Rohrüberhitzungen, d. h. unzulässige Wärmebeanspruchungen, nicht eintreten können, unter der Voraussetzung, daß stets ein gewisser Wasserüberschuß vorhanden ist. Die Kesselleistung ist wegen des hohen Wärmeübergangs sehr hoch, Gewicht und Raumbedarf daher, auf die gleiche Leistung bezogen, weit geringer als bei andern Kesselbauarten. Die Regelung kann, wie die bisherigen Betriebsergebnisse gezeigt haben, völlig selbsttätig erfolgen. Der neue Kessel eignet sich wegen dieser günstigen Eigenschaften gut für Erzeugung von Hochdruckdampf. („Power" 4. Januar 1927 S. 10/11*.)
[N 128 a] Pt.

Doppeltwirkende Viertakt-Schiffsmaschinen mit Druckölkupplung und Zahnrädervorgelege

Für den Dampfer „Wulsty Castle" von 6500 t größter Verdrängung, der ursprünglich mit einer von der englischen Ljungström-Gesellschaft gelieferten turboelektrischen Maschinenanlage versehen war, hat die Firma Beardmore & Co., Glasgow, vor kurzem zwei doppeltwirkende Viertakt-Dieselmaschinen nach der Bauart Tosi mit je drei Zylindern von 510 mm Dmr. und 620 mm Hub geliefert, die bei 240 Uml./min 1600 PS Gesamtleistung entwickeln. Die beiden Maschinen treiben gemeinsam über Ölkupplungen, Bauart Föttinger-Vulkan, und ein Rädervorgelege mit Schraubenzähnen und 1 : 2,88 Übersetzung die Schraubenwelle an, die bei der Regeldrehzahl rd. 80 Uml./min macht. Der Schlupf zwischen den Motoren und der Schraubenwelle beträgt bei voller Belastung nicht mehr als 2 bis 3 vH. Die Übertragungsanlage hat sich gegenüber früher gebauten Anlagen dieser Art dadurch vereinfacht, daß die Motoren umsteuerbar sind und daher die Kupplungen für den Rückwärtsgang entfallen. Probefahrten des fertigen Schiffes haben im August 1926 auf der Elbe stattgefunden und bei 4300 t Verdrängung eine Geschwindigkeit von 11,5 Kn ergeben. („Engineering" 28. Januar 1927 S. 102/106*.)
[N 128 b] H.

Eigenschwingungszahlen von Maschinenwellen

Neben den kritischen Drehzahlen, die durch den Energieaustausch zwischen Trägheits- und elastischen Kräften bei Wellen hervorgerufen werden, gibt es noch eine zweite Art, auf die Stodola hingewiesen und die Hummel mit Hilfe der hydrodynamischen Lagertheorie eingehend untersucht hat[1]). Prof. Dr. Kummer zeigt nun, daß sich die kritische Winkelgeschwindigkeit ω in diesem Falle mit Hilfe der einfachen Formel:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\delta}}$$

vorausberechnen läßt, in der g die Beschleunigung der Erdschwere und δ das radiale Spiel im Lager bedeutet. (Schweizerische Bauzeitung 29. Januar 1927 S. 55.) [N 128 c] W. S.

[1]) Forschungsarb., herausgegeben vom V. d. I., Heft 287.

Klappbrücke mit zwei Fahrbahnen in New York

Die Eisenfachwerkbrücke über den Flushing-Fluß, Long-Island, besteht aus zwei hochklappbaren Flügeln von je 46,36 m Länge und führt in ihrer oberen Fahrbahn drei Eisenbahn-Schienenstränge, im unteren eine Fahrstraße für schienenlosen Verkehr. Die Brücke ist so gut ausgewuchtet, daß nur vier 80 PS-Motoren nötig sind, um sie bei rd. 11 m/s Windstärke in 45 s zu öffnen und zu schließen. Die lichte Höhe über dem Wasserspiegel beträgt 7,8 m. Die verschiedenen Bewegungsvorgänge sind zwangläufig miteinander gekuppelt, so daß eine Bewegung erst ordnungsmäßig beendet sein muß, bevor die zweite beginnen kann. Der Bau hat insgesamt rd. 2,75 Mill. $ gekostet. („Engineering“ 28. Januar 1927 S. 121*.) [N 128 d] Sd.

Die Eisenbahnbrücke über den Nil bei Dessuk

64 km südöstlich von Alexandrien ist vor kurzem eine rd. 610 m lange Eisenbahn-Fachwerkbrücke fertiggestellt worden. Sie überquert den Nil an einer Stelle, wo er durch eine schmale Insel in zwei Arme geteilt wird. Der westliche Brückenteil hat vier gleiche Öffnungen von je rd. 61 m l. W., der östliche vier von ebenfalls je 61 m l. W., denen sich in Richtung auf das Ostufer ein als Drehbrücke ausgebildeter Teil von 59,3 m Länge sowie eine weitere Öffnung von 54 m l. W. anschließt. Die Brücke ist zwischen den Trägern 5,2 m breit. Auf beiden Seiten ist ein 2,6 m breiter, überkragender Fahrweg mit einem außenliegenden erhöhten Fußweg von 70 cm Breite angeordnet.

Die Brücke wurde auf die Weise zusammengebaut, daß zuerst die Pfeiler der alten Brücke, die sich nach vorgenommenen Versuchen auch dem Druck der neuen Brücke gewachsen gezeigt hatten, einen neuen, größeren Aufsatz aus Eisenbeton erhielten. Sodann begann der Bau gleichzeitig von vier Pfeilern aus nach beiden Seiten, indem die Träger auf behelfsmäßige Pfeiler abgestützt und das Fachwerk über den Pfeilern durch behelfsmäßige Verbindungsstücke zwischen den Obergurten zusammengehalten wurde. Sobald der Bau eine ausreichende Tragfähigkeit erhalten hatte, wurden auf den Obergurten Drehkrane aufgestellt, mit denen man die einzelnen Bauteile unmittelbar den darunter befindlichen Kähnen entnahm und an die richtige Stelle führte. Sobald der nächste Brückenpfeiler erreicht war, wurden die behelfsmäßigen Pfeiler und die Verbindungsstücke über den Ausgangspfeilern entfernt. Der Bau dauerte nur etwas über 13 Monate. („Engineering“ 28. Januar 1927 S. 96*.) [N 128 e] Sd.

Hochfrequenzöfen zum Schmelzen von Stahl

In den letzten Jahren hat die Anwendung der Hochfrequenzöfen, die von der Ajax Electrothermic Co., Trenton, New Jersey, gebaut werden, zugenommen. In den Hochfrequenzöfen werden Stahl von besonderer Reinheit und Sonderstähle ungewöhnlicher Zusammensetzung oder für besondere Zwecke erzeugt. In den Anlagen der Gesellschaft sind ein Stahlschmelzofen für 113,4 kg und zwei für je 6,8 kg in Betrieb; der größere liefert jährlich rd. 900 t, ein kleinerer rd. 68 t. Bei der Westinghouse El. Mfg. Co., Pittsburgh, ist ein 100 kW-Ofen aufgestellt, worin jährlich rd. 450 t Stahl hergestellt werden. Zwei kleine Öfen in den Lynn-Werken der General Electric Co. mit je 68 t Jahresleistung sind während der Arbeitzeit, 5½ Tage in der Woche, ununterbrochen im Betrieb. Zur Zeit sind zwei neue Ofenanlagen, eine von 150 kW bei der Babcock & Wilcox Tube Co., Benver Falls, Pa., und eine von 60 kW bei den American Steel Foundries, Chicago, im Bau. („The Iron Age“ 13. Januar 1927 S. 163.) [N 128 f] Gw.

Kadmium-Zinklegierungen

Wegen der großen wirtschaftlichen Bedeutung einer Verbesserung der Eigenschaften von Zinklegierungen ist eine Arbeit von Jenkins von Wert, der im National Physical Laboratory, Teddington, eine Reihe von Forschungen ausgeführt hat. Als wesentliches Ergebnis hat Jenkins gefunden, daß die Eigenschaften des gegossenen und gewalzten Zinks durch Zusatz von geringen Mengen Kadmium (im Gegensatz zu manchen Anschauungen) verbessert werden. Er schlägt vor, solche Legierungen für die Herstellung von Blechen und Spritzgußstücken zu verwenden. Die eutektische Legierung hat Eigenschaften, die eine bevorzugte Anwendung als mittelhartes Lot empfehlenswert erscheinen lassen. Der Schmelzpunkt beträgt nur 266 ° und die Festigkeit dieser Lote (16 kg/cm² bei 30 vH Dehnung) ist zwei- bis dreimal so groß wie die der Zinn-Blei-Lote, vergl. Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Zerreißfestigkeit von Kadmium-Zinklegierungen

	Reines Zink	2 vH Cd	
Zerreißfestigkeit kg/mm²	5	11	gegossen
	14	19	gewalzt, 6 Wochen geglüht
	16	22	gewalzt, 8 Monate gealtert

(Inst. of Metals, Vortrag 1926.) [N 128 g] Wf.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Schweißtechnik. Sonderheft der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Berlin 1926, VDI-Verlag. 64 S. m. 145 Abb. Preis 3 ℳ.

Der Verein deutscher Ingenieure hat die Vorträge der Fachsitzung „Schweißtechnik“, mit der seine 65. Hauptversammlung (1926) in Hamburg eingeleitet wurde, in einem Sonderheft herausgegeben. Den an der Anwendung der neueren Schweißverfahren bei der Neufertigung industrieller Erzeugnisse und ihrer Unterhaltung interessierten Ingenieurkreisen und Werkleitungen ist zweifellos durch diese Sonderausgabe ein guter Dienst insofern erwiesen, als alle wesentlichen Fragen und Gebiete der Schweißtechnik in ihren Zusammenhängen behandelt worden sind.

Im ersten Teil der Vorträge werden Fragen von allgemeiner Bedeutung behandelt. Bardtke gibt Richtlinien für die Arbeitsprüfung von Schweißungen und bespricht die mit ihnen gemachten Erfahrungen in der Praxis. Mies behandelt die Ausbildung von Schweißingenieuren, Meistern und Handwerkern, gestützt auf die Erfahrungen der Ausbildungskurse des Verbandes für autogene Metallbearbeitung. Kleditz schildert Maßnahmen zur Unfallverhütung beim autogenen Schweißen und Schneiden an der Hand einer ausgezeichneten Zusammenstellung charakteristischer Unfälle. Ein Beispiel für die Behandlung wirtschaftlicher Untersuchungen gibt Wundram in seinem Bericht über wirtschaftliche Stromversorgung für die elektrische Lichtbogenschweißung.

Der zweite Teil beginnt mit Erörterungen von Strelow über Rückwirkung der neueren Schweißverfahren auf die konstruktive Durchbildung der industriellen Erzeugnisse und Bauwerke[1]). Der Konstrukteur, der Schweißung an Stelle von Nietung und Verschraubung anwenden will, muß neue Wege in der Wahl der Profile und Verbindungen gehen und darf nicht etwa die für Nietung geschaffenen ohne weiteres übernehmen. Eine Reihe weiterer Darlegungen, aus gleichem Geist entwickelt, geben einen Einblick in die Vielseitigkeit der Arbeitsgebiete: Hilpert geht auf die Anwendung der Schweißverfahren im allgemeinen Maschinenbau mit einem Beispiel der Verwendung der kürzlich genormten Bezeichnungen für Konstruktionszeichnungen ein, Commentz auf die Schmelzschweißung im Schiffbau, L. Kuchel auf die Gasschweißung im Flug-

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1317.

zeugbau und Gehler auf die Schweißung im Eisenbau, worin gleichzeitig Anschauungen des Deutschen Eisenbauverbandes niedergelegt worden sind.

Der dritte Teil des Heftes befaßt sich mit Sonderfragen der beiden Hauptrichtungen der Schmelzschweißverfahren. Wiß ist der Mann der Gasschmelzschweißung und veröffentlicht in dankenswerter Weise Forschungsberichte des Autogenwerkes Griesheim über den Einfluß des Reinheitsgrades und des Mischverhältnisses der Gase auf die Schweißleistung. Richter hebt die Bedeutung von Methan, Gasol und Äthylen als Brenngase in der Schweißtechnik hervor, während Rimarski sich über seine in der Chemisch-Technischen Reichsanstalt durchgeführten Versuche über die Zersetzung des Azetylens bei verschiedenen Temperaturen, Drücken und Feuchtigkeitsgraden unter Anwendung verschiedener Initialzündungen ausläßt, eine Forschungsarbeit, die wertvolle Unterlagen für die Bemessung des zulässigen Druckes der Entwickleranlagen enthält. In dem Bericht Neese werden Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Schweißung erörtert, insbesondere die des neueren Geräts für Wechselstrom und Drehstrom, sowie die Erfahrungen mit umwickelten Elektroden. Zimm spricht über Untersuchungen über das Lichtbogenschneiden mit dem Gerät Elektrotrennmaschine. Ein Aufsatz von F. Goldmann über die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Punktschweißung für die Massenfertigung beschließt die Vortragsreihe.

Die Beschaffung des Sonderheftes, das auch eine Anzahl Erörterungsbeiträge zu den Vorträgen wiedergibt, sei allen Fachleuten, sowie Behörden und Wirtschaftsführern, die an der Anwendung der Schweißtechnik beteiligt sind, wärmstens empfohlen. [E 2649] Füchsel.

Regelung und Ausgleich in Dampfanlagen. Von Th. Stein. Berlin 1926, Julius Springer. 389 S. m. 240 Abb. Preis 30 ℳ.

In allen Betrieben sucht man den ungünstigen Einflüssen von Schwankungen der Belastung in Dampfanlagen durch Einbau von selbsttätigen Regelvorrichtungen in Dampfnetze und Feuerungen entgegenzutreten. Der Verfasser schildert, gestützt auf reiche praktische Erfahrung, in welcher Weise sich zunächst der Einfluß von Änderungen des Dampfdrucks auf die Wärmeverbraucher geltend macht, bespricht die Regelung der Dampfnetze, die Schaltungen und Bauarten der Druckregler an Kraftmaschinen. Für die Bemessung der Drosselorgane werden gute Näherungsformeln angegeben, die Gleichungen für Regler mit und ohne Rückführung werden aufgestellt und der Verlauf der Regelung wird entwickelt.

Bei der Erweiterung der bisherigen Theorie der Geschwindigkeitsregelung von Kraftmaschinen wurde die Ursache des günstigen Verhaltens von Dampfdruckreglern und Zugreglern ohne Rückführung im Auftreten eines Strömungsdruckabfalles gefunden, durch den eine Rückführung ausgeübt wird.

In weiteren Kapiteln werden die Einflüsse von Schwankungen der Belastung auf den Kesselbetrieb und die Führung der Feuerung behandelt. Besonders eingehend bespricht der Verfasser die elektrischen Aussetzsteuerungen (Differentialdruckregler) und die Rauchgasprüfer. Dann folgt die Besprechung der Wärmespeicher, wobei der Kessel, der Ruths-Speicher und der Gleichdruckspeicher zum Ausgleich der Dampfschwankungen dienen. Die Grundlagen zur Berechnung der jeweiligen Speicherleistungen sind angegeben.

Es ist zu begrüßen, daß der Verfasser am Schlusse jedes Abschnittes die Merkmale zusammenfaßt, die bei jedem Regelvorgang zu beobachten und im Betrieb zu berücksichtigen sind. Ausgezeichnet durch einfache und klare Darstellung unter Beifügung übersichtlicher Skizzen und Abbildungen, wird dieses Buch dem Betriebsleiter willkommenen Aufschluß und manchen praktischen Wink geben und ohne Zweifel gute Dienste leisten.
[E 2623] Franz A. Mayer

Carburation in theory and practice. Von R. W. A. Brewer. 3. Aufl. London 1924, Crosby, Lockwood & Son. 298 S. m. 73 Abb. Preis 15 sh.

Das schon seit einer Reihe von Jahren als gutes Lehrbuch bekannte und in der vorliegenden Bearbeitung auch nach dem neuesten Stand ergänzte Werk ist eine umfassende, in sich gut abgeschlossene Darstellung der teilweise recht verwickelten Vorgänge, die in ihrer Gesamtheit die Wirkung des Vergasers für den Kraftwagenmotor bilden.

Von einer erschöpfenden Erklärung der Begriffe ausgehend, behandelt der Verfasser die Theorie der Verdampfung der Brennstoffe mit besonderer Berücksichtigung der dazu notwendigen Wärme, die Druckschwankungen in der Ansaugleitung, die er durch eigne Versuche weiter erforscht hat, sowie insbesondere die Vorgänge beim Durchgang des flüssigen Brennstoffes durch enge Düsen. Auf diesem Gebiete hat der Verfasser sehr viel selbständige Versuchsarbeit geleistet, deren Ergebnis eine von ihm vorgeschlagene Düse mit bremsendem Stift bildet.

Auf die heute besonders wichtigen Fragen der Ersatzbrennstoffe und der Überwachung der richtigen Arbeit des Vergasers durch die Analyse der Auspuffgase geht der Verfasser nicht in dem Maße ein, das die Bedeutung dieser Probleme erfordert.

Bei der Behandlung der bekannten Bauarten von Vergasern, die den zweiten Teil des Buches ausfüllt, hat der Verfasser mit Recht größeren Wert darauf gelegt, das Grundsätzliche der Bauart herauszuschälen, als eine vollständige Sammlung des Bekannten wiederzugeben, was doch nicht möglich gewesen wäre. Der deutsche Leser wird allerdings hier gegenüber vielen verhältnismäßig unbekannten amerikanischen Vergasern eine Anzahl bei uns bekannter Vergaser vermissen, die auch von den ausländischen grundsätzlich verschieden sind und in einem Buch über neuzeitliche Vergaser nicht fehlen sollten.
[E 2617] Dr. Heller

Die wissenschaftliche Betriebsführung in Reparaturwerkstätten. Von H. Kleinböhl. Berlin 1926, VDI-Verlag. 44 S. m. 26 Abb. Preis 2 ℳ.

Wie in den reinen Fertigungsbetrieben, so herrscht auch in den Ausbesser-Werkstätten, die sich besonders nach dem Kriege stark entwickelt haben, das Bestreben, bei einwandfreier Güte mit den geringsten Erzeugungskosten auszukommen. Das bedingt die Anwendung der Erkenntnisse neuzeitlicher Betriebsführung.

An dem Beispiel einer Lokomotiv-Ausbesserwerkstatt zeigt der Verfasser anschaulich ein seit mehreren Jahren mit Erfolg eingeführtes Arbeitzeitverfahren, das sich auf dem Zwanglauf und der Arbeitskontrolle aufbaut. Ein graphischer Arbeitsplan gibt die Möglichkeit, sich durch einen Blick über die Zusammenhänge der Bearbeitungswerkstatt mit den Zusammenbauabteilungen zu unterrichten. Eine der wichtigsten Grundlagen hierfür ist die Arbeitsaufnahme, wobei das Terminbureau in Gegenwart des betreffenden Abteilungsmeisters die notwendigen Arbeiten auf Fristenzetteln vermerkt. Diese sind als erweiterte Stücklisten anzusehen, die außerdem Angaben über Zeiten, Maße und die auszuführenden Arbeiten enthalten.

Das Verfahren verdient besondere Beachtung, weil es sich nicht nur für Eisenbahn-Ausbesserwerkstätten eignet, wo immer gleiche Typen von Lokomotiven bearbeitet werden, man also von einer Reihenfertigung sprechen kann, sondern auch für Werkstätten, die viele gleichartige Maschinen usw. zu unterhalten haben.

Das Verfahren bietet eine vortreffliche Handhabe zur Beseitigung von Verlusten in Werkstätten.
[E 4] W. Wiedemann

Wasserkraftausnutzung in Bayern. Herausg. vom Staatsministerium des Innern, Oberste Baubehörde, Abteilung für Wasserkraftausnutzung und Elektrizitätsversorgung. München 1926, Dr. C. Wolf & Sohn. 284 S. m. vielen Abb. u. 5 Taf. Preis 20 ℳ.

Das Werk ist von Geheimrat Freytag unter Mitwirkung von Oberregierungsrat Hiltner und der Regierungsbauräte Hübschmann und Dr.-Ing. Dreyer verfaßt. Es enthält genaue Angaben über den heutigen Stand der Wasserkraftnutzung und über den beabsichtigten weiteren Ausbau, getrennt nach den Flußgebieten Iller, Lech, Isar, Inn, Regen, übrige Donau, Main u. a. Über die ausgebauten Anlagen mit mehr als 500 PS Leistung sind Sonderbeschreibungen beigegeben, die für den Fachmann alle wesentlichen Angaben zur Beurteilung der Eigenart der Werke enthalten. Vorausgeschickt sind Übersichten über die Gesamtleistung der bayerischen Wasserkräfte, über die Leistungen der errichteten und in Bau befindlichen größeren Anlagen und u. a. auch ein Generalplan für den Ausbau und die Verwertung der Großwasserkräfte, der auf den Arbeiten von Ministerialrat Holler beruht. [E 2639]

Bahnbrechende Erfindungen in Amerika und Europa. Von W. Kaempffert. Berlin 1927, Rudolf Mosse. 432 S. m. 230 Abb. Preis 20 ℳ.

Das in dieser Zeitschrift Bd. 69 (1925) S. 1124 ausführlich gewürdigte Buch hat Dr.-Ing. H. Klopstock ins Deutsche übertragen. Außerdem hat der Bearbeiter einen Abschnitt über neueste Erfindungen angefügt, der sich hauptsächlich mit technischen Fortschritten in Deutschland befaßt. Dieser Abschnitt enthält z. B. Neuerungen aus dem Filmwesen, aus dem Gebiete der Motoren, Dampfkraftmaschinen, Wasserkraftmaschinen, Kraftfahrzeuge, Eisenbahnfahrzeuge usw., aus der Radiotechnik, der Optik, der

Textiltechnik usw. Die Art der Bearbeitung dieser sehr kurzen Mitteilungen schließt sich äußerlich der des übrigen Textes an, wenn auch hier auf die große Entwicklungsgeschichte nicht so eingegangen ist.

Wer sich ganz schnell über die Entstehung irgend eines wichtigen Zweiges der neueren Technik von den ersten Anfängen bis auf den heutigen Stand unterrichten will, findet in diesem Buch trotz seines verhältnismäßig geringen Umfanges ausreichenden und zuverlässigen Aufschluß. Die große Zahl der behandelten Erfindungen bedingt eine gewisse Kürze in der Ausdrucksweise, die, ins Deutsche übertragen, vielleicht noch mehr als in der englischen Sprache auffällt und stellenweise auch das Verständnis der technischen Zusammenhänge erschwert. Gegenüber dem Vorteil, daß man in einem einzelnen Band die gesamte Technik vereinigt hat, spielt dies jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

Sehr treffend und lehrreich sind jedenfalls trotz ihrer Kürze die Schilderungen der Kämpfe, die die meisten großen Erfinder, allen voran James Watt, um die Einführung ihrer Neuerungen zu bestehen hatten. Diese Schwierigkeiten und die endlosen Streitigkeiten um die Patentrechte nach Eintritt der ersten praktischen Erfolge kennzeichnen in der Tat den Leidensweg fast jeden Erfinders. Eine mitleiderregende Tragik liegt in diesem Schicksal der Erfinder, die doch als Beglücker der Menschheit wahrlich ein anderes Los verdient hätten. [E 2618] H.

Unsere Technik. Von Siegfried Hartmann. Berlin 1926, Volksverband der Bücherfreunde. 456 S. m. 193 Abb. Preis 6 *M*.

Der als technischer Schriftsteller wohlbekannte Verfasser schreibt im vorliegenden Buch über Kraft, Stoff, Verkehr und Wohnen und all die tausend Dinge, die den Techniker damit in Zusammenhang bringen. An Betrachtungen über die heutigen Kraftquellen, die Art ihrer Ausnützung, die Mittel zu ihrer Gewinnung und die Aussichten für die Erzeugung von Kraft in der ferneren Zukunft, wobei natürlich die Brennstoffe und die Wärmekraftmaschinen in den Mittelpunkt gestellt werden, schließen sich Abschnitte über die verschiedenen Formen des Verkehrs von ihren ersten Anfängen an bis zum heutigen Stande der Entwicklung. Dabei wird auch den wirtschaftlichen Erwägungen mit Bezug auf die Wahl des Verkehrsmittels gebührender Raum geschenkt. Ausgiebig und seiner Bedeutung angemessen ist auch das Gebiet behandelt, das sich der Technik bei der Verbesserung der Heimstätten und im Bereich des Gesundheitdienstes menschlicher Siedlungen eröffnet.

Das Buch ist in dem leichten Plauderton der Tageszeitungen geschrieben und wohl mit Absicht auf den zwar allgemein aber nicht technisch vorgebildeten Leserkreis eingestellt, den die Mitglieder des oben genannten Buchverbandes bilden. In diesem Kreise wird es bestimmt dazu beitragen, das Verständnis für die Aufgaben und für die verantwortungsvolle Arbeit des Ingenieurs zu wecken, wofür dem Verfasser der Dank der Ingenieure gebührt. Auf der andern Seite wird es gerade solche Leser kaum stören, daß stellenweise der Zusammenhang zwischen Text und Abbildungen nicht so eng ist, wie man für das Verständnis des Vorgetragenen gewünscht hätte.

Im Hinblick auf die vorzügliche Ausstattung in Papier, Druck und Einband darf man den Preis des Buches als erstaunlich niedrig bezeichnen. [E 2619] H.

Deutsch-Englisches und Englisch-Deutsches Fachwörterbuch für das Gießereiwesen. Herausg. vom Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband. Düsseldorf 1926. 60 S. Preis 3 *M*.

In dem Wörterbuch sind in einem deutsch-englischen und einem englisch-deutschen Teil die täglich in den Gießereibetrieben vorkommenden Fachausdrücke zusammengefaßt. Am Schluß sind Umrechnungstafeln der wichtigsten Maße beigegeben. [E 2531]

Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel nebst Erläuterungen. Ausgabe Oktober 1926. Berlin 1926, Beuth-Verlag. 32 S. m. 24 Abb. Preis 2,50 *M*.

Wegen des Inhalts sei auf den ausführlichen Aufsatz von Bracht in Z. Bd. 70 (1926) S. 1675 verwiesen.

Technische Selbstunterrichts-Briefe, 1. Lfg.: **Einführung in die Lehre von den Dampfkesseln.** Von E. Pfeiffer. Potsdam u. Leipzig 1926, Bonness & Hachfeld. 30 S. m. 15 Abb. Preis 0,65 *M*.

Metallographie. Von W. Guertler. 2. Bd., 2. T., 5. Abschnitt, 2. Lfg.: Die thermische Ausdehnung. Von A. Schulze. Berlin 1926, Gebr. Borntraeger. 336 S. m. 105 Abb. Preis 18,80 *M*.

Die Lokomotiven der Lübeck-Büchener Eisenbahn. Von W. Hubert. Lübeck 1926, Selbstverlag. 43 S. m. zahlr. Abbildungen und Zahlentafeln

Das Buch ist ein bemerkenswerter Beitrag zur Geschichte der Lokomotive seit 1851.

Sammlung Göschen, 948. Bd.: **Automobile.** Personen- und Lastautomobile sowie Elektrokarren. Von Reinhold Thebis. Berlin u. Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. 107 S. m. 77 Abb. Preis 1,50 *M*.

Forschungsarbeiten a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens, 284. H.: **Berechnung der Wasserspiegellage.** Von Paul Böss. Berlin 1927, VDI-Verlag. 96 S. m. 48 Abb. Preis 7,50 *M*.

Lehrbuch der Physik. Von O. D. Chwolson. 2. verb. u. verm. Aufl. 4. Bd., 2. Abt.: Das konstante Magnetfeld. Herausg. von Gerhard Schmidt. Braunschweig 1927, Friedrich Vieweg & Sohn. 565 S. m. 181 Abb. Preis 20,50 *M*.

Vom wirtschaftlichen Geiste in der Technik. Von Robert Haas. Berlin 1927, VDI-Verlag. 62 S. Preis 1,40 *M*.

Deutsche Psychologie. 4. Bd., 4. H.: **Das Eignungsprinzip.** Richtlinien psychologisch-menschenwirtschaftlicher Berufsberatung. Von W. Hische. Halle a. d. S. 1926, Carl Marhold. 44 S. Preis 1,50 *M*.

Körper und Arbeit. Handbuch der Arbeitsphysiologie. Herausg. von Edgar Atzler. Leipzig 1927, Georg Thieme. 770 S. m. 102 Abb. Preis 45 *M*.

J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches **Handwörterbuch** für Mathematik, Astronomie, Physik, Chemie und verwandte Wissenschaftsgebiete. 5. Bd.: 1904 bis 1922. 2. Abt.: L bis Z. S. 697 bis 1423. Herausg. von der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Red. v. P. Weinmeister. Leipzig und Berlin 1926, Verlag Chemie. Preis 80 *M*.

Geschichte des Welthandels der Neuzeit. Von Wilhelm Langenbeck. Leipzig 1926, J. J. Weber. 215 S. Preis 5 *M*.

Unfallverhütungs-Kalender 1927. Herausg. von der Reichsarbeitsverwaltung und dem Verband der Deutschen Berufsgenossenschaften. Berlin 1927, Beuth-Verlag. Preis 1 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 19. FEBRUAR 1927 NR. 8

Das Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen und seine Anwendung

Von Prof. Dr.-Ing. Hanemann, Berlin

Begriffserklärungen — Das Zementitsystem — Das Graphitsystem — Das Martensitsystem — Mischungen und Übergänge — Anwendungen

(Hierzu Textblatt 1 bis 4)

Vorbemerkungen

Zum Verständnis der Zustandschaubilder von Legierungen muß man mit einer Anzahl von Begriffen und Tatsachen der physikalischen Chemie vertraut sein. Daher stelle ich einige Vorbemerkungen voran, ehe ich das Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen und seine Anwendung beschreibe.

Die Übergänge gasförmig—flüssig—fest sind nicht die einzigen Zustandsänderungen der Grundstoffe. Im festen (kristallisierten) Zustand treten bei vielen Körpern, auch bei fast allen Metallen bei bestimmten Temperaturen Änderungen der Kristallform und damit Unstetigkeiten oder Änderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften auf. Beispiele für solche verschiedenen festen Zustandsformen desselben Grundstoffes sind der Graphit und der Diamant, ferner der rote und der gelbe Phosphor u. a. Auch das Eisen gehört zu diesen vielgestaltigen Körpern. Die Temperaturbereiche und einige Merkmale seiner Zustandsformen sind in Zahlentafel 1 enthalten.

Maßgebend für den Zustand zweier fester Körper, die miteinander eine Legierung bilden, ist die Art der gegenseitigen Löslichkeit. An dem Beispiel von flüssigen Körpern wird man die dabei möglichen Fälle ohne weiteres verstehen: Zwei Flüssigkeiten sind entweder vollkommen ineinander löslich (Wasser und Alkohol) oder nahezu unlöslich ineinander (Wasser und Öl) oder gegenseitig beschränkt löslich (Wasser und Äther, wobei der Äther etwas Wasser und das Wasser etwas Äther löst und diese beiden gesättigten Flüssigkeiten sich in zwei Schichten übereinander ablagern). Ebenso besteht zwischen festen Körpern entweder völlige Löslichkeit (Eisen und Nickel) oder Nichtlöslichkeit (Eisen und Blei) oder beschränkte Löslichkeit (Eisen und Kupfer). Feste Lösungen sind wie die flüssigen gleichmäßig molekular gemischt. Das Mischungsverhältnis kann verschieden sein. Da feste Körper meist kristallisiert sind (die Metalle immer), so bezeichnet man die festen Lösungen auch als Mischkristalle. Lösungen (fest, flüssig oder gasförmig) bezeichnet man als homogene Gleichgewichte. Sind zwei Körper im flüssigen Zustande ineinander löslich, im festen aber nicht, so bildet sich bei der Erstarrung ein Gemenge zweier Kristallarten. Es ist dann ein heterogenes Gleichgewicht vorhanden (man denke an Granit). In solchen heterogenen Gleichgewichten besteht aber meist eine gegenseitige beschränkte Löslichkeit. Die aneinander haftenden und innig verflochtenen Bestandteile einer solchen Legierung nehmen dann jeder etwas von dem andern in feste Lösung. Die Legierung besteht demzufolge aus einem Gemenge zweier oder mehrerer Mischkristallarten. Die Beträge der Löslichkeiten ändern sich meist bei Temperaturänderungen. Beim Erhitzen oder Abkühlen der Legierungen findet dann eine Abscheidung oder Auflösung von Kristallen im Innern des Metalles statt.

In vielen Fällen verbinden sich metallische Elemente miteinander chemisch. Auch chemische Verbindungen von Metallen mit Metalloiden können als Bestandteile von Legierungen auftreten. Das Eisen vermag mit dem Kohlenstoff ein Eisenkarbid Fe_3C zu bilden. Diese Kristallart ist durch große Härte ausgezeichnet. Man bezeichnet sie als Zementit, weil sie besonders groß ausgebildet in zementiertem Eisen auftritt, d. h. in Eisen, das durch langes Glühen in Holzkohle Kohlenstoff aufgenommen hat.

Der Ausdruck Gleichgewicht, auf eine Legierung angewandt, besagt, daß sich der Zustand der Legierung auch nach beliebig langer Zeitdauer von selbst nicht ändert. Das Gleichgewicht stellt sich aber mitunter erst dann ein, wenn man die Legierungen glüht und sehr langsam abkühlen läßt. Bei beschleunigter Temperaturbewegung kristallisieren dann unbeständigere (sogenannte metastabile) Formen. Jedoch haben solche metastabile Gleichgewichte meist erst bei Erwärmungen eine merkliche Umwandlungsgeschwindigkeit zum stabileren Zustand. Bei Zimmertemperatur sind sie praktisch ebenso beständig wie stabile Gleichgewichte. Im Eisenkohlenstoffsystem ist das stabile Gleichgewicht erst hergestellt, wenn aller Kohlenstoff in Form von Graphit kristallisiert ist. Dieses sogenannte stabile System der Eisenkohlenstoff-Legierungen oder Graphit-

Zahlentafel 1. Zustandsformen des reinen Eisens bei Atmosphärendruck

Bezeichnung	Temperaturbereich °C	Eigenschaften	Bemerkungen
α-Eisen	unterhalb 768	Sehr geringes Lösungsvermögen für Kohlenstoff. Atomanordnung: kubisch raumzentriert. Kante des Elementarwürfels : $2{,}87 \cdot 10^{-8}$ cm. Ferromagnetisch	Das β-Fe wird von vielen Forschern nicht als besondere Zustandsform, sondern als unmagnetisches α-Fe angesehen, ebenso wird das δ-Fe als wesensgleich mit α und β aufgefaßt. Nach dieser Meinung besteht also das Eisen nur in den beiden Formen α und γ
β-Eisen	768 bis 906	Unmagnetisch (paramagnetisch)	
γ-Eisen	906 bis 1401	Vermag Kohlenstoff zu lösen. Kubisch flächenzentriert. Kante des Elementarwürfels : $3{,}63 \cdot 10^{-8}$ cm. Unmagnetisch (paramagnetisch)	
δ-Eisen	1401 bis 1528	Unmagnetisch, sonst dieselben Eigenschaften wie α-Fe	
flüssig	1528 bis 2450		
gasförmig	oberhalb 2450		

Abb. 1. Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen — Lage des Punktes P nach Versuchen des Verfassers bei 0,03 C — Zustandsfelder s. Zahlentafel 2

system findet sich aber für gewöhnlich nur im siliziumreichen Roheisen oder im Grauguß. In siliziumarmen Eisenkohlenstoff-Legierungen bildet sich Graphit nur bei außerordentlich langsamer Abkühlung. Daher kristallisiert im schmiedbaren Eisen bei den im Hüttenbetriebe üblichen Abkühlungsgeschwindigkeiten kein Graphit; statt dessen findet man die chemische Verbindung des Eisen mit dem Kohlenstoff, den Zementit. Es entsteht das metastabile System I oder Zementitsystem. Be sehr schneller Abkühlung endlich, wie man sie zur Härtun des Stahles anwendet, vermag jedoch auch der Zementi nicht mehr zu kristallisieren. Der Kohlenstoff tritt dan

in Verbindung mit dem Eisen in einer noch weniger stabilen Form, dem sogenannten Martensit, auf. Man hat dann das metastabile System II oder Martensitsystem. Zwischen diesen Systemen gibt es Mischungen und Übergänge.

Das Zementitsystem

In Abb. 1 sind die Linien des Zementitsystems stark ausgezogen. Die Ordinaten bedeuten die Temperaturen, die Abszissen den Gehalt der Legierung an Kohlenstoff. Kleine Unterschiede im Kohlenstoffgehalt ändern die Eigenschaften der Stähle in einschneidender Weise. Ein Stahl mit 0,08 vH Kohlenstoff z. B. ist weich, zäh und nicht härtbar (Kesselbleche), während ein Stahl mit 0,6 vH Kohlenstoff hart, härtbar und schwer zu bearbeiten ist (Werkzeugstahl). Daß solche geringfügigen Unterschiede im Gehalte an Kohlenstoff so große Änderungen der Eigenschaften hervorrufen, wird verständlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß der Kohlenstoff im Zementitsystem nicht als solcher auftritt, sondern in Form von Eisenkarbid. 1 vH Kohlenstoff bildet entsprechend der Formel Fe_3C 15 vH Eisenkarbid (Atomgewicht des Eisens: 55,84, des Kohlenstoffs 12,00). Kesselblech- und Werkzeugstahl haben also einen Unterschied im Zementitgehalt von etwa 7 vH, und daraus wird der Unterschied der Eigenschaften verständlich. In Abb. 1 sind deshalb die Karbidgehalte ebenfalls als Abszissen angegeben. Die Abbildung enthält ferner eine Einteilung nach Atomen und Molekülen in Hundertteilen, weil diese Zahlen für wissenschaftliche Vergleichungen mitunter Bedeutung haben. Man versteht darunter den Anteil der Atome oder Moleküle eines Bestandteiles an der Gesamtzahl der Atome oder Moleküle der Legierung. Bezeichnet für eine Legierung zweier Stoffe A und B

p die Gewichtsteile von A in vH
$100 - p$ „ „ „ B „ „
$100\,x$ „ Anzahl Atome „ A „ „
$100\,(1-x)$ „ „ „ „ B „ „
a das Atomgewicht von A
b „ „ „ B

so ist

$$p = \frac{100\,a\,x}{a\,x + b\,(1-x)}$$

$$100 - p = \frac{100\,b\,(1-x)}{a\,x + b\,(1-x)}$$

$$x = \frac{b\,p}{p\,(b-a) + 100\,a}$$

$$1 - x = \frac{a\,(100-p)}{p\,(b-a) + 100\,a}$$

Die Linien des Schaubildes begrenzen geschlossene Zustandsbilder. In jedem Zustandsfeld besteht ein andres Gleichgewicht, Zahlentafel 2.

Wenn daher eine Legierung während des Abkühlens oder Erhitzens in ein andres Zustandsfeld eintritt, so ändert sich der innere Aufbau. Welche inneren Vorgänge gehen nun in Stählen vor sich, wenn sie aus dem flüssigen Zustande bis auf Zimmertemperatur abgekühlt werden?

Eine Legierung mit 0,89 vH Kohlenstoffgehalt, entsprechend der Abszisse des Punktes *S*, ist oberhalb der Linie *BC* vollkommen flüssig. Eisen und Kohlenstoff sind in der Schmelze gleichmäßig ineinander gelöst. Sobald aber dieser Stahl bei der Abkühlung die Linie *BC* unterschreitet, tritt er in das Zustandsfeld *IBCE* ein. Hier besteht ein heterogenes Gleichgewicht zwischen Mischkristallen und flüssiger Lösung. Demnach beginnt beim Unterschreiten der Linie *BC* die Erstarrung, indem sich feste Mischkristalle aus dem flüssigen Stahle abscheiden. Die Erstarrung kann nicht zu Ende verlaufen, solange die Legierung oberhalb der Linie *IE* bleibt, weil in diesem Zustandsfeld mit den Mischkristallen Schmelze im Gleichgewicht ist.

Zahlentafel 2. Zustandsfelder im Gleichgewichtschaubilde der Eisenkohlenstoff-Legierungen

Zustandsfeld	Gleichgewicht	Zustandsform
Zementitsystem		
ABH	heterogen	δ-Mischkristalle + Schmelze
HIN	„	δ-Mischkristalle + γ-Mischkristalle
AHN	homogen	δ-Mischkristalle
BCEI	heterogen	γ-Mischkristalle + Schmelze
DCF	„	Fe_3C + Schmelze
NIESOG	homogen	γ-Mischkristalle
GOM	heterogen	β-Eisen + γ-Mischkristalle
MOSP	„	α-Eisen + γ-Mischkristalle
FESK	„	Fe_3C + γ-Mischkristalle
Unterhalb *PSK*	„	Fe_3C + α-Eisen
Graphitsystem		
ABH, AHN, HIN	Wie im Zementitsystem	
GOM		
BC'E'I	heterogen	γ-Mischkristalle + Schmelze
D'C'F'	„	Graphit + Schmelze
NIE'S'OG	homogen	γ-Mischkristalle
MOS'P'	heterogen	α-Eisen + γ-Mischkristalle
F'E'S'K'	„	Graphit + γ-Mischkristalle
Unterhalb *P'S'K'*	„	Graphit + α-Eisen
Martensitsystem		
TUW	heterogen	ε-Mischkristalle + γ-Mischkristalle
Links von TUU_1	homogen	ε-Mischkristalle
UVV_1U_1	heterogen	ε-Mischkristalle + η-Mischkristalle
V_1VV_2	homogen	η-Mischkristalle
VWW_1V_2	heterogen	η-Mischkristalle + γ-Mischkristalle

Wenn jedoch die Abkühlung bis unter die Linie *IE* fortschreitet, so tritt der Stahl in das Zustandsfeld einer homogenen festen Lösung ein, da in dem Felde *IESG* nur Mischkristalle des γ-Eisens mit Kohlenstoff beständig sind. Die Erstarrung ist somit beendet, wenn der Stahl unter die Linie *IE* abgekühlt ist. Der Stahl hat also — und dies gilt infolge der Eigenart des Zustandschaubildes für alle Kohlenstoffgehalte bis 4,25 vH — keinen einheitlichen Erstarrungspunkt, sondern einen Erstarrungsbereich. Man unterscheidet dabei den oberen und unteren Schmelzpunkt, oder richtiger den Beginn und das Ende der Erstarrung. Zwischen diesen beiden Temperaturen besteht die Legierung aus einem Gemisch zwischen flüssigen und festen Teilen. Diese beiden Anteile haben verschiedenen Kohlenstoffgehalt; denn nach physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten, die hier nicht ausführlich erörtert werden können, müssen die Bestandteile heterogener Gleichgewichte einer Legierung verschiedene Zusammensetzung haben.

Die Erstarrung des Stahles ist also zugleich mit einer inneren Entmischung verknüpft. Dies bezieht sich nicht nur auf den Kohlenstoffgehalt, sondern auch auf alle übrigen Elemente, z. B. auch auf den Phosphor im Stahl. Abb. 2[1]) zeigt eine durch Entmischung beim Erstarren entstandene Phosphorseigerung. Der Kern des Blockes, als zuletzt erstarrter Teil, hat einen höheren Phosphorgehalt. Die Phosphorseigerung, die in jedem Stahlblock infolge des geschilderten Gleichgewichtsverhältnisses je nach der Menge des anwesenden Phosphors mehr oder weniger auftritt, bleibt während der gesamten Weiterverarbeitung durch Walzen und Schmieden bestehen. Wenn bei der Bearbeitung solche Seigerungstellen angeschnitten werden, treten damit phosphorreichere, also härtere Stellen an die Oberfläche und können Störungen hervorrufen, wenn die Seigerung beträchtlich war.

Im Zustandsfeld der Mischkristalle *IESG* vermögen sich die Entmischungen wieder auszugleichen, denn hier besteht erst dann Gleichgewicht, wenn die feste Lösung homogen ist. Bringt man in diesem Temperaturbereich Eisen mit Kohle oder Kohlenstoff abgebenden Körpern in mechanische Berührung, so streben diese beiden Grundstoffe alsbald, Mischkristalle zu bilden, und daher wandert die Kohle in das Eisen hinein (Einsatzhärtung). Im Gegensatz dazu vermögen sich die Ungleichmäßig-

[1]) Abb. 2 bis 20 und 22 bis 32 s. Textblatt 1 bis 4.

keiten im Phosphorgehalt durch Wanderung im festen Zustand im Hüttenbetrieb nicht auszugleichen, weil die Wanderungsgeschwindigkeit des Phosphors im Stahl nur sehr gering ist.

Der entgegengesetzte Vorgang, nämlich eine Entmischung, findet wieder statt, wenn die Legierung das Zustandsfeld der Mischkristalle beim Punkte *S* verläßt. In dem unter dem Punkt *S* bis Zimmertemperatur und weiter in tiefere Temperaturen sich erstreckenden Felde besteht die Legierung aus einem heterogenen Gleichgewicht, nämlich aus einem Gemenge von nahezu kohlenstofffreiem α-Eisen mit Zementit. Die oberhalb 721 °C beständigen Mischkristalle müssen daher in diese beiden Bestandteile zerfallen. Es bildet sich aus der Legierung bei Unterschreitung der Linie *PSK* ein Gemenge aus Eisen und Eisenkarbid. Das Kleingefüge dieses Gemenges zeigt Abb. 3. Es besteht aus einer Schichtung feiner Plättchen der beiden Kristallarten. Da tiefgeätzte Schliffe dieses Zustandes ein perlmutterähnliches Farbenspiel zeigen, hat man das Gefüge als Perlit bezeichnet, und zwar bezeichnet man die in der Abbildung wiedergegebene häufigste Kristallisationsform als streifigen Perlit.

Infolge ihrer großen Oberfläche haben die Zementitplättchen beim Erhitzen das Bestreben, sich zu Kügelchen zusammenzuballen. Dies geschieht, wenn man den Stahl auf die Temperatur *S* erhitzt und langsam abkühlen läßt. Man erhält dann ein Gefüge nach Abb. 4 und bezeichnet es als körnigen Perlit. Die Umwandlung des streifigen in den körnigen Perlit verringert die Festigkeit und verleiht dem Stahl die größtmögliche Bearbeitungsfähigkeit. Man verlangt daher, daß ein harter Stahl, der leicht bearbeitbar sein soll, den Perlit nur in körniger Form enthalte, und kann aus der Beschaffenheit des Perlits nachträglich feststellen, ob der Stahl zweckentsprechend geglüht worden ist.

Das Verfahren, nach dem ich die Vorgänge bei der Abkühlung eines Stahles mit 0,89 vH Kohlenstoff erläutert habe, kann auf alle übrigen Eisenkohlenstoff-Legierungen angewandt werden. Man vergegenwärtige sich die Gleichgewichte in den einzelnen Zustandsfeldern, Zahlentafel 2, und kann dann für jede Temperatur und Zusammensetzung den Zustand der betreffenden Legierung angeben. Ich will, um Wiederholungen zu vermeiden, bei den folgenden Beispielen die Änderungen des inneren Aufbaues nur so weit besprechen, als sie sich von den schon behandelten Fällen unterscheiden und zur Ursache von Eigenschaftsänderungen werden.

Betrachten wir die Abkühlung einer Legierung mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 0,3 vH. Die verschiedenen Kristallisationen bei Durchschreitung der Zustandsfelder *AHB* und *HIN* mögen außer acht gelassen werden. Es handelt sich dabei um Entmischungen, die sich infolge ihrer Geringfügigkeit bald wieder ausgleichen und, wenigstens nach unserer heutigen Kenntnis, keine technischen Folgen haben. Der Stahl durchläuft also seinen Erstarrungsbereich zwischen *AB* und *HB* sowie das Zustandsfeld *HIN* und tritt alsdann in das Gebiet der Mischkristalle *NIESG* ein. Beim Verlassen dieses Gebietes gelangt er in das Zustandsfeld *GSP*, und hier spielt sich eine für ihn wichtige Kristallisation ab. Das Gleichgewicht in diesem Zustandsfelde besteht aus α-Eisen und Mischkristallen. Daher beginnt bei Unterschreitungen der Linie *GOS* in dem Stahl eine innere Ausscheidung von Eisenkristallen, die sich bis zur Temperatur *PSK* fortsetzt. Bei Erreichung von *PSK* besteht die Legierung aus einem Gemenge von Eisenkristallen und Mischkristallen. Der Kohlenstoffgehalt der Mischkristalle hat sich durch die Ausscheidungen von Eisen auf 0,89 vH angereichert. Bei weiterer Abkühlung bilden diese Mischkristalle von der Konzentration *S* Perlit, und als Endergebnis erhält man ein Gefüge nach Abb. 5, Eisenkristalle und Perlit. Man bezeichnet die Eisenkristalle metallographisch als Ferrit.

Nach der Art dieser Stähle kristallisieren alle Legierungen links vom Punkte *S*. Sie bestehen demzufolge alle aus Perlit und Ferrit. Das Mengenverhältnis der beiden Kristallarten richtet sich nach dem Gesamtkohlenstoffgehalt und kann aus den Schauflächen, Abb. 1 unten, abgelesen werden. Die Härte und Festigkeit des Stahles nimmt zu mit dem Perlitgehalt und ändert sich entsprechend der linearen Änderung der Perlitmenge ebenfalls linear. Man kann für Kohlenstoffgehalte zwischen 0,15 und 0,9 vH die Festigkeit σ_B in kg/mm² der Stähle in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt *C* durch die Formel ausdrücken:

$$\sigma_B = 80\,C + 22$$

Die Konstanten sind aus Versuchen an Siemens-Martin-Stahl entnommen.

Die Festigkeit der Stähle fällt bei Überschreitung des C-Gehaltes von 0,89 vH stark ab. Die Ursache hierfür ist eine Gefügeänderung. Stähle mit Kohlenstoffgehalten über 0,89 vH bestehen aus Perlit und Zementit. Ein solcher zwischen den Abszissen von *S* (0,89 vH) und *E* (1,75 vH) liegender Stahl erstarrt ebenso wie die bisher besprochenen niedriger gekohlten Stähle unter Entmischung und bildet dann homogene Mischkristalle. Der Unterschied gegenüber den bisher betrachteten tritt aber bei Unterschreitung der Linie *ES* ein. In dem rechts von *ES* befindlichen Zustandsfelde besteht ein Gleichgewicht zwischen Mischkristallen und Zementit. Somit kristallisiert bei Eintritt des Stahles in dieses Feld aus den Mischkristallen zunächst Zementit, bis deren Rest die Konzentration *S* bei Erreichung der Linie *PSK* angenommen hat und dann bei weiterer Abkühlung in Perlit übergeht. Die Mengenanteile können wieder aus den Schauflächen, Abb. 1, abgelesen werden.

Auf die Gefügebeschaffenheit wird eine Bezeichnung der Stähle begründet. Man unterscheidet perlitischen Stahl (Kohlenstoffgehalt 0,89 vH, Punkt *S*, Abb. 1), unterperlitische Stähle (links vom Punkte *S*, Kohlenstoffgehalt unter 0,89 vH) und überperlitische Stähle (rechts vom Punkte *S*, Kohlenstoffgehalt über 0,89 vH), Abb. 6.

Die bei der Abkühlung der Stähle eintretenden Vorgänge sind umkehrbar. Beim Erhitzen vollziehen sie sich in umgekehrter Richtung und Reihenfolge. Wird also ein Stahl beim Glühen bis über die Linie *PSK* erhitzt, so verwandelt sich der Perlit in Mischkristalle, und oberhalb *GOSE* sind auch der Ferrit und der Zementit wieder in den Mischkristallen aufgelöst. Bei Weitererhitzung bis über die Linie *IE* beginnt das Schmelzen, und bei Überschreitung von *BC* ist die Legierung vollständig geschmolzen.

Von technischer Wichtigkeit sind die Vorgänge beim Glühen innerhalb des Zustandsfeldes *GOSE*. Wenn bei Überschreitung der Linie *GOSE* aus Perlit, Ferrit und Zementit wieder Mischkristalle entstanden sind, ist ihre Korngröße zunächst klein. Werden sie dann aber längere Zeit in dieser hohen Temperatur glühend gehalten, so beginnt ein Vorgang, den man als Kornvergrößerung bezeichnet. Es wächst eine Anzahl der Mischkristalle auf Kosten der übrigen an (die mit inneren Spannungen behafteten werden verzehrt von den spannungsfreieren). Das Ergebnis ist ein grobes Korn des Stahles und damit verbunden eine Verringerung der Zähigkeit. Der Stahl ist dann überhitzt. Glücklicherweise geben die Zustandsänderungen ein Mittel, die Folgen einer solchen Überhitzung in unterperlitischen und perlitischen Stählen zu beseitigen. Wenn man nämlich einen Stahl mit grobem Korne nach der Abkühlung auf Zimmertemperatur nochmals über die Linie *GOS* hinaufführt und alsdann, sobald er sich vollständig in Mischkristalle verwandelt hat, wieder abkühlen läßt, so wird er durch diese doppelte Umkristallisation wieder feinkörnig, und mit der Feinkörnigkeit kehren die günstigen Festigkeitseigenschaften wieder. Man bezeichnet ein solches kurzes Erhitzen nicht weit über die Linie *GOS* hinaus mit nachfolgender Abkühlung auch als Normalisieren.

In vielen Fällen genügt aber zur Beseitigung von Wärme- und Reckspannungen ein Ausglühen nahe unterhalb des Haltepunktes Ac_1 (721 °). Insbesondere soll man Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt nicht über die Linie *PSK* erhitzen.

Um die Ausglühtemperatur richtig zu wählen, muß man also die Lage der Linien *GOS* und *PSK* für den be-

treffenden Stahl kennen, und diese hängt nicht nur vom Kohlenstoffgehalt, sondern auch vom Betrage der Beimengungen von Mangan und Silizium ab. Außerdem verändert sich die Temperatur der Umwandlungspunkte mit der Geschwindigkeit der Temperaturbewegung. Es tritt fast stets eine Unterkühlung oder Überhitzung ein. Man ist daher genötigt, die Lage der Umwandlungspunkte für jeden Stahl und für die beabsichtigte Wärmebewegungsgeschwindigkeit zu bestimmen. Die Umkristallisationen sind mit Wärmebindung oder Wärmeentwicklung verknüpft (man denke an die Schmelz- und Verdampfungswärme). Die spezifische Wärme wird daher an den Umwandlungspunkten unstetig, und damit ist ein einfacher Weg zur Bestimmung der Umwandlungspunkte gegeben. Man bestimmt die Abkühlungs- oder Erhitzungsgeschwindigkeit bei gleichmäßiger Wärmezufuhr. An den Umwandlungspunkten zeigen sich dann in den Abkühlungs- oder Erhitzungskurven Stillstände der Temperatur, sogenannte Haltepunkte. Für die Haltepunktbestimmungen sind sinnreiche Geräte gebaut, z. B. das Doppelspiegelgalvanometer nach Saladin, das selbsttätig den Haltepunkt bestimmt.

Nach Osmond, dem man die Entdeckung der Umwandlungspunkte im Stahle verdankt, bezeichnet man die Haltepunkte der Stähle mit *A* (von arrêt) und den Ziffern 1, 2, 3 usw. *Ac* (von chauffer) bedeutet Haltepunkt beim Erhitzen. *Ar* (refroidir) Haltepunkt bei der Abkühlung, *Ae* (von équilibre) wirkliche Gleichgewichtstemperatur. *Ae* kann nur bei sehr langsamer Abkühlung und Anwendung besonderer Kunstgriffe gefunden werden. Die Lage der *Ae*-Punkte ist maßgebend für die Aufstellung des Zustandschaubildes gewesen. Man kann sie umgekehrt für jeden Stahl aus dem Zustandschaubild, Abb. 1, als Schnittpunkte der dem Stahl entsprechenden Ordinate mit den Grenzen der Zustandsfelder entnehmen. Die Aufstellung, Zahlentafel 3, gibt einige Beispiele für die Haltepunkttemperaturen, wie sie bei den in Laboratoriumsöfen üblichen Erhitzungs- und Abkühlungsgeschwindigkeiten gefunden werden.

Zahlentafel 3
Lage der Haltepunkte in einigen Stählen

Werkstoff	Ac_1 °C	Ar_1 °C	A_2*) °C	Ac_3 °C	Ar_3 °C	A_4 °C
Elektrolyteisen	—	—	768	906	898	1401
St. 42.11, z. B. 0,23 vH C; 0,12 vH Mn	739	710	768	831	824	—
St. 70.11, z. B. 0,61 vH C; 0,08 vH Mn	741	719	—	747	739	
Stahl mit 0,89 vH C; 0,12 vH Mn	740	721	—	—	—	—

*) Die Haltepunkte Ac_2 und Ar_2 fallen meist zusammen, die Hysteresis beträgt selten mehr als 2 °C.

Die bisher behandelten Legierungen, links vom Punkte *E* liegend, gehören zur Gruppe des schmiedbaren Eisens. Die als Roheisen bezeichneten Legierungen liegen rechts vom Punkte *E*. Man bezeichnet Roheisen, das nach dem Zementitsystem kristallisiert und daher graphitfrei ist, als weißes Roheisen, da sein Bruchaussehen metallisch hell ist. Eine Legierung mit einem Kohlenstoffgehalt von 4,25 vH, entsprechend der Abszisse von *C*, ist in dem Gebiete oberhalb *C* flüssig. Die Schmelztemperatur ist also beträchtlich niedriger als bei den Stählen. Bei Unterschreitung des Punktes *C* tritt sie in ein Zustandsfeld, in dem Zementit neben Mischkristallen beständig ist. Zwischen den Mischkristallen und dem Zementit besteht eine beschränkte Löslichkeit. Der Betrag der Zementitlöslichkeit in den Mischkristallen wird durch die Linie *ES* angegeben. Bei der Temperatur *C* ist also die Löslichkeit des Zementits oder Kohlenstoffes in den Mischkristallen gleich *E*. Die flüssige Schmelze zerfällt daher bei der Überschreitung von *C* in ein Gemenge von Zementit und von Mischkristallen vom Sättigungsgrade *E*. Dieses Gemisch, ein sogenanntes Eutektikum[2]), bezeichnet man metallographisch als Ledeburit, zum Gedächtnis des deutschen Eisenforschers Ledebur. Bei weiterer Abkühlung bleibt der Zementit im Ledeburit unverändert. Dagegen scheidet sich infolge Abnahme der Zementitlöslichkeit entsprechend der Linie *ES* in den Mischkristallen Zementit aus und der Rest der Mischkristalle von der Konzentration *S* bildet Perlit. Demnach besteht der Ledeburit nach vollständiger Abkühlung aus Zementit mit eingelagerten Perlitinseln, Abb. 7. Er ist der kennzeichnende Bestandteil des weißen Roheisens.

Rein ledeburitische Legierungen werden selten erzeugt, die meisten Roheisensorten liegen zwischen den Punkten *E* und *C*. Sie treten bei der Abkühlung aus dem flüssigen Zustande zunächst in das Zustandsfeld *EIBC*. Dabei scheiden sich aus ihnen Mischkristalle ab. Der Kohlenstoffgehalt der Schmelze reichert sich an, bis sie bei der Temperatur *C* den eutektischen Gehalt von 4,29 erreicht und in Berührung mit gesättigten Mischkristallen der Konzentration *E* steht. Bei Abkühlung unter *E* zerfällt die Restschmelze in Ledeburit. Das Gesamtgefüge besteht dann aus Mischkristallen und Ledeburit, Abb. 8. Die tannenförmige Ausbildung der Mischkristalle (Kristallskelette) ist für diese Legierungen kennzeichnend.

Die Mischkristalle sind der stahlartige, zähe Bestandteil der Legierung. Der Ledeburit ist dagegen infolge seines hohen Karbidgehaltes (62,5 vH) spröde. Daher wird eine zwischen den Abszissen von *E* und *C* liegende Legierung um so stahlartiger sein, je höher ihr Gehalt an Mischkristallen ist. Aus dem Schaubilde in Abb. 1, unten, geht hervor, daß die Mischkristallmenge in den Legierungen zwischen *E* und *C* linear von 100 vH auf 0 abnimmt. Die ledeburithaltigen Legierungen sind daher um so stahlähnlicher, je niedriger ihr Kohlenstoffgehalt ist. In der Tat sind reine Eisenkohlenstoff-Legierungen mit Kohlenstoffgehalten zwischen 2 und 3 vH zähhart. Daß die technischen Roheisensorten im Gegensatz hierzu spröde und brüchig sind, rührt von ihrem Gehalt an Phosphor, mitunter auch an Schwefel her. Es gibt jedoch kohlenstoffarme Legierungen mit einem dem Ledeburit ähnlichen Gefügebestandteil, deren Stahleigenschaften voll ausgenutzt werden, nämlich die hoch chromhaltigen (Zieheisenstähle) und die hoch wolframhaltigen (Schnellstähle). Der Punkt *E* des Schaubildes rückt bei diesen Dreifach- oder Vielfachlegierungen merklich nach links zu niedrigen C-Gehalten, z. B. tritt im Schnellstahle mit 0,6 bis 0,8 vH Kohlenstoff ein karbidhaltiges Eutektikum in ziemlich großer Menge auf, Abb. 9. Wenn aber dies Eutektikum durch Schmieden verteilt ist, Abb. 10, hat die Legierung nicht mehr Roheisenart, sondern beste Werkzeugstahl-Eigenschaften.

Das Graphitsystem

Die bisher beschriebenen Gefügeerscheinungen treten auf, wenn siliziumarme Eisenkohlenstoff-Legierungen mit den in der Technik üblichen Geschwindigkeiten abgekühlt werden. Hat man aber Gehalte an Silizium über etwa 1 vH, oder ist die Abkühlgeschwindigkeit außerordentlich gering, so erhält man Gleichgewichte zwischen Graphit und Mischkristallen oder Graphit und α-Eisen. Da sich ein Gleichgewicht zwischen Graphit und Zementit bei keiner Temperatur hat ermitteln lassen und sich der Graphit gegenüber dem Zementit als der stabilere Körper erwiesen hat, wurde von Charpy und Heyn die Theorie des Nebeneinanderbestehens zweier Systeme der Eisenkohlenstoff-Legierungen aufgestellt. Diese Theorie ist seitdem insbesondere durch die Untersuchungen von Ruer bestätigt worden und gibt eine gute Erklärung für die beobachteten Tatsachen. Die Linien des Graphitsystems sind in Abb. 1 gestrichelt dargestellt.

Die eutektische Erstarrungstemperatur eines graphithaltigen Roheisens oder Graugusses liegt etwas höher als die des weißen Roheisens. Die Löslichkeit der Mischkristalle für Graphit (1,3 vH) ist kleiner als die für Zementit (1,75 vH). Dementsprechend sind die Linien *E'C'* und *E'S'*, Abb. 1, gezeichnet. Wenn ein Roheisen mit rd. 4 vH C nach dem Graphitsystem erstarrt, so ist es oberhalb des Punktes *C'* flüssig und zerlegt sich bei Unterschreitung von *C'* in Mischkristalle mit einem Kohlen-

[2]) Mit langgesprochenem e; griechisch gebildeter Wortstamm mit lateinisch gebildeter Endung mit der Bedeutung: „leicht schmelzend". Das Wort kann jedoch kaum noch vermieden werden, da es seit langem allgemein eingeführt ist.

stoffgehalt von 1,3 vH und Graphit. Ein solches Graphiteutektikum zeigt Abb. 11.

Die meisten Graugußsorten enthalten Kohlenstoffgehalte zwischen 2,8 und 3,5 vH. Sie gelangen also bei der Erstarrung aus dem flüssigen Zustande zunächst in das Zustandsfeld *E'IBC'*, in dem sie sich in Mischkristall und flüssige Schmelze zerlegen. Der Schmelzrest bildet dann bei Unterschreitung der Temperatur *C'* das Graphiteutektikum. Nach der Erstarrung hat man also ein Gemisch von Mischkristallen und Graphiteutektikum. Es ist das das Gefüge eines hochwertigen Graugusses, Abb. 12.

Je niedriger der Kohlenstoffgehalt des Graugusses ist, um so höher liegt die Temperatur des oberen Schmelzpunktes, Abb. 1. Wenn z. B. eine Graugußschmelze mit nur 2,6 vH Kohlenstoff eine Temperatur von 1300 ° hat, so befindet sie sich im Zustandsfelde *IBC'E'*. Sie enthält also noch feste Mischkristalle in geringer Menge. Ein solcher Guß ist demnach nur scheinbar flüssig. In Wirklichkeit enthält er zahlreiche feste Teilchen. Er füllt deshalb beim Gießen die Formen nicht mehr aus und setzt leicht einen Rand an. Das Eisen ist, wie man es nennt, matt und schmiert.

Die Festigkeit des Graugusses hängt von mehreren Umständen ab. Ebenso wie bei dem weißen Roheisen wird auch das graue um so stahlartiger, zäher und fester, je mehr Mischkristalle es enthält. Daher nimmt die Festigkeit des Graugusses mit fallendem Kohlenstoffgehalt zu. Ferner wird die Festigkeit von der Art der Graphitkristallisation beeinflußt. Je kleiner die Graphitkriställchen sind, um so weniger unterbrechen sie den mechanischen Zusammenhang der Grundmasse. Man vermag durch geeignete Wärmebehandlung im flüssigen Zustande die Kristallisation des Graphiteutektikums zu beeinflussen[3]). Endlich hängt die Festigkeit des Graugusses von der Art der Kristallisation in der metallischen Grundmasse ab. Auch der Grauguß ist um so fester, je mehr Perlit und je weniger Ferrit die Grundmasse enthält. Am angegebenen Orte[3]) habe ich ausführlich behandelt, wie man durch geeignete Wahl des Siliziumgehaltes und der Abkühlungsgeschwindigkeit die Kristallisation der Grundmasse beeinflussen kann.

Mischungen und Übergänge zwischen Zementit- und Graphitsystem

a) Hartguß. Man kann den Siliziumgehalt im Gußeisen so wählen, daß die Legierung bei der beschleunigten Abkühlung, die am Rande von Gußstücken eintritt, oder beim Gießen in eiserne Formen, nach dem Zementitsystem erstarrt, während sie bei etwas langsamerer Abkühlung (nämlich in der Mitte derselben Gußstücke) nach dem Graphitsystem kristallisiert. Das Erzeugnis wird Hartguß oder Schalenguß genannt. Es ent-

[3]) Vergl. Hanemann, Die Theorie des Graugusses, Monatsbl. d. Berliner Bezirksvereines deutscher Ingenieure 1926 Heft 4.

Zahlentafel 4. Gefügebestandteile in Eisenkohlenstoff-

Name	Vorkommen in	Chemische Zusammensetzung und physikalischer Zustand	Gefügebild nach Ätzung mit alkoholischer Salpetersäure
Ferrit	geglühtem Eisen und Stahl von 0 bis 0,9 vH C	Eisen ohne oder mit sehr geringem Kohlenstoffgehalt vermag beträchtliche Mengen Mn, Si, Ni, Cr, As, P, jedoch nicht S fest zu lösen	Helle, weiße, aufgerauhte, leicht angreifbare Fläche, ununterbrochen oder in vieleckige geradlinig oder gebogen begrenzte Körner eingeteilt. Als Ausscheidung netz- oder nadelförmig
Zementit	Stahl über 0,9 vH C, Roheisen	Karbid Fe_3C, dem Graphit gegenüber metastabil, zersetzt sich bei längerem Glühen, schmilzt unter Zersetzung in Graphit und Schmelze	Helle, weiße, spiegelnd glatte, nicht angegriffene Fläche. Netzförmig, nadelförmig, körnig
Perlit	geglühtem Stahl, Stahl und Roheisen	Eutektoid aus Eisen und Karbid Fe_3C mit 0,9 vH C-Gehalt	1. Streifiger Perlit, Karbidstreifen mit α-Eisen-Streifen abwechselnd. 2. Körniger Perlit, α-Eisen als Grundmasse, darin Karbidkörner
Austenit	aus Weißglut schroff abgeschrecktem, hoch gekohltem Stahl	Unterkühlte feste Lösung von Kohlenstoff und γ-Eisen, instabil, zersetzt sich bei Erhitzen auf 235 °	Hell bis dunkel geätzte, homogene, wenig angegriffene Fläche. Zwillingskristalle, geradlinige, vieleckige Kornbegrenzung
Martensit	abgeschrecktem Stahl. Kennzeichnender Bestandteil des gehärteten Stahls	Metastabiles Gemisch von ε-, η- und γ-Eisen in wechselnden Mengenverhältnissen. Instabil, Zersetzung beginnt bei 100 °	Hell bis dunkel geätzt, nadliges Widmannstättensches Gefüge
Sorbit	gehärtetem Stahl nach Anlassen auf eine Temperatur über 400 °	Grundmasse aus α-Eisen mit zahlreichen, sehr kleinen, eingelagerten Fe_3C-Kügelchen	Körnige Fläche, die Fe_3C-Teile meist so angeordnet, daß nadelige Flächen der Grundmasse ausgespart sind
Ledeburit	Roheisen und Gußeisen	Eutektikum aus Karbid Fe_3C und gesättigten (1,7 vH) Mischkristallen mit 4,29 vH Gesamtkohlenstoffgehalt	Etwas vertieft geätzte Nadeln oder Punkte in Grundmasse aus Zementit
Phosphid-Eutektikum	phosphorreichem Roheisen und Gußeisen	Ternäres Eutektikum aus Karbid Fe_3C, Phosphid Fe_3P und gesättigten Fe-C-P-Mischkristallen. Gesamtzusammensetzung: C = 1,96 vH, P = 6,89 vH, Fe = 91,15 vH	Nach Ätzung mit HCl von Ledeburit schwer zu unterscheiden
Graphit	grauem Roheisen und Gußeisen	Kristallisierter elementarer Kohlenstoff ohne oder mit sehr geringem Eisengehalt in fester Lösung	Graublaue bis schwarze Adern, Nadeln, Flächen
Temperkohle	Temperstahl, Roheisen, Stahl	Mikrokristalliner, elementarer Kohlenstoff ohne oder mit sehr geringem Eisengehalt in fester Lösung	Schwarze Punkte und Nester, löcherig vertieft

hält einen zäheren Kern aus grauem Gußeisen, umgeben von einer harten, weißen Schale und wird z. B. zur Herstellung von Walzen für Metallwalzwerke und anderes angewandt. Abb. 13 zeigt den Übergang zwischen weißem Rand und grauem Kern. Der technische Vorteil liegt in der Vereinigung der Härte der Schale mit der Zähigkeit des Kernes bei verhältnismäßig billiger Herstellung.

b) Temperguß. Wenn man ein siliziumhaltiges, weiß erstarrtes Gußeisen nach vollendeter Abkühlung nachträglich auf Temperaturen bis an 1000 ° erhitzt und hierauf langsam abkühlen läßt, so wandelt sich der Zementit in Graphit um. Das vorher nach dem Zementitsystem erstarrte Werkstück geht in das Graphitsystem über. Der im festen Zustande kristallisierende Graphit hat eine rundliche, feinkörnige, fast amorph erscheinende Ausbildungsform. Man bezeichnet diese mikrokristalline Form des Graphites als Temperkohle. Bei geeignetem Siliziumgehalt und Glühverfahren wird der Übergang in das Graphitsystem vollständig, so daß das Stück dann nur noch aus Temperkohle und Ferrit besteht, Abb. 14. Durch diese Umwandlung nimmt der vorher spröde Werkstoff eine hohe Dehnbarkeit an.

c) Schwarzbruch. Während beim Temperguß die Umwandlung des Zementites in Temperkohle der Zweck des Hüttenverfahrens ist, kann anderseits eine Temperkohlenbildung gegen den Willen des Hütteningenieurs beim Glühen siliziumhaltiger hochgekohlter Stähle

Legierungen

Härte	Bemerkungen
Nächst dem Graphit der weichste Gefügebestandteil der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	Beste Ätzung mit alkoholischer Salpetersäure. Zackige Korngrenzen bei hoher Überhitzung. Zwillingsbildung selten. Im angelaufenen Schliff blau-grün
Härtester Gefügebestandteil	Wird durch heiße Natriumpikratlösung farbig bis schwarz gefärbt. Im angelaufenen Schliff rot
Härte zwischen Ferrit und Zementit	Körnig, sehr verschieden fein, je nach Abkühlung. Lamellen u. U. mit bloßem Auge sichtbar, u. U. erst bei 1200 facher Vergr.
Zähe, härter als Ferrit, jedoch nicht schneidhaltig	Im Kohlenstoffstahl selten und niemals als alleiniger Bestandteil. Häufig in Stählen mit höherem Ni- oder Mn-Gehalt
Sehr hart, dem Zementit an Härte nahestehend	Während der Abschreckung fast immer bereits etwas zersetzt, daher meist dunkler geätzt als Austenit. Bei Bildung in flüssiger Luft heller als Austenit
Härter als das ferritisch-perlitische Gefüge desselben Stahles	Häufig in vergüteten Stählen
Sehr hart, dem Zementit entsprechend	Tritt meist als Restbestandteil, daher mit eingewölbten Begrenzungslinien auf
Sehr hart, dem Ledeburit entsprechend	Gefügeentwicklung durch Ätzung mit HNO_3 mit nachfolgendem Anlaufenlassen: Mischkristalle dunkel bis blau-grün, Zementit rot, Phosphid weiß-gelb. Körnung sehr verschieden
Weicher als Ferrit	Kann in farbig angelaufenen oder rostigen Schliffen weiß erscheinen. Mitunter ausgerissen
Ohne Härte, pulverig	Meist in Ferrit eingebettet

eintreten. Eine solche Zersetzung der Mischkristalle kann zu dem sogenannten Schwarzbruch führen, Abb. 15. Ein schwarzbrüchiger Stahl ist minderwertig infolge verringerter Festigkeit.

Das Martensitsystem

Es ist seit uralten Zeiten bekannt, daß man Stahl durch Ablöschen in Wasser eine schneidhaltige Härte erteilen kann. Die metallographische Untersuchung hat festgestellt, daß diese Wirkung nur dann eintritt, wenn die Abschreckung aus dem Zustandsfeld der Mischkristalle vorgenommen wird. Dabei muß man, um ein Grobkörnigwerden des gehärteten Stahles zu vermeiden, nur so lange über die Linie *GOSK* erhitzen, bis deren Temperatur von dem Stahle eben überschritten worden ist. Infolge der schnellen Abkühlung vermag dann weder Ferrit noch Perlit zu kristallisieren, und der Zustand der Mischkristalle bleibt zunächst, auch nach Überschreiten der Linie *GOS*, erhalten. Aber noch während des Abschreckens, und zwar bei Temperaturen der in Abb. 1 punktierten Linie *TUVW* finden neue Umkristallisationen im Stahl statt. Eine Deutung der dabei eintretenden Vorgänge ist von mir und A. Schrader durch Aufstellung eines zweiten metastabilen Systemes gegeben worden, das wir als das metastabile System II oder Martensitsystem bezeichnen.

Die Unterschiede gegenüber dem Zementitsystem beginnen erst beim Verlassen des Mischkristallgebietes. Die Erstarrung aus der Schmelze ist also die gleiche und kommt hier nicht in Betracht. Man muß daher, wenn man die Kristallisation eines Stahles im Martensitsystem betrachtet, von dem Mischkristallgebiet ausgehen.

Ein Stahl mit 0,89 vH Kohlenstoff, der von 900 ° z. B. in Wasser abgelöscht wird, gelangt in das Zustandsfeld V_1VV_2 des Martensitsystemes, in dem nur eine einzige Zustandsform im metastabilen Gleichgewicht beständig ist. Man bezeichnet diese als η-Kristallart. Der Stahl erhält durch die Umwandlung in den η-Zustand ein nadeliges Gefügeaussehen, Abb. 16. Man nennt dieses Gefügebild „Martensit". Die η-Kristalle sind durch eine außerordentlich große Härte ausgezeichnet, die die Härte des Zementites noch übertrifft. Diese Kristallart ist der Träger der Abschreckhärte des Stahles. Sie hat ein etwas größeres spezifisches Volumen als der Stahl im perlitischen Zustande und ist auch magnetisch hart, die Remanenz und die Koerzitivkraft sind groß. Die Härte eines abgeschreckten Stahles hängt deshalb von seinem Gehalt an η ab.

Hat nun Stahl einen Kohlenstoffgehalt unter 0,89 vH, so gelangt er beim Abschrecken in das Zustandsfeld U_1UVV_1. Hier ist neben dem η-Bestandteil noch ein zweiter nur im abgeschreckten Stahle auftretender Bestandteil vorhanden, die ε-Kristallart. Die ε-Kristallart ist dem Ferrit sehr ähnlich. Sie unterscheidet sich ein wenig von ihm in der Ätzfärbung und ferner durch eine um etwa 100 vH höhere mechanische Festigkeit. Sie hat aber im Vergleich zum η-Bestandteil keine merkliche Härte und stellt daher im Gegensatz zu η eine weiche Kristallart dar. Die Härte des Stahles nach dem Abschrecken ist deshalb um so geringer, je weniger η und je mehr ε auftritt. Der Mengenanteil an η in gehärteten Stählen nimmt nun verhältnisgleich dem Kohlenstoffgehalte zwischen Punkt V_1 und U_1 von 100 vH bis 0 vH ab, und die Abschreckhärte oder „Härtbarkeit" ist um so kleiner, je geringer der Kohlenstoffgehalt ist. Wenn der Kohlenstoffgehalt in manganarmen Stählen kleiner als etwa 0,3 vH ist, sind sie nicht mehr als härtbar zu bezeichnen. Eine Werkzeughärte tritt in manganarmen Stählen erst bei etwa 0,45 vH Kohlenstoff auf.

Das metastabile Zustandschaubild des Martensitsystems läßt erkennen, daß man beim Härten von Stählen mit Kohlenstoffgehalten über 0,89 vH in ein Zustandsfeld V_2VWW_1 eintritt, in dem neben dem η-Bestandteil ein dritter Bestandteil des Härtegefüges auftritt, nämlich die γ-Kristallart. Bei diesen hohen Kohlenstoffgehalten und bei der schroffen Abschreckung gelingt es also, einen gewissen Vomhundertsatz der Mischkristalle unverändert in gewöhnliche Temperatur hinunterzuführen. Man be-

Abb. 21
Längenänderung des gehärteten Stahles mit 0,9 vH Kohlenstoff beim Anlassen

zeichnet metallographisch diesen Gefügebestandteil als Austenit, Abb. 17. Der Austenit ist im Gegensatz zum η-Bestandteil zähe, nicht schneidhaltig und paramagnetisch.

Wenn ein Stahl einen höhern Gehalt an Mangan (mehr als etwa 8 vH) oder Nickel (mehr als etwa 25 vH) enthält, so kristallisieren ε oder η nicht, sondern die Stähle kühlen sich aus dem Mischkristallgebiet ohne Veränderung ihrer Zustandsform bis auf Zimmertemperatur ab. Die Stähle bestehen dann nur aus Austenit, Abb. 18, und sind außerordentlich zähe Werkstoffe, die zugleich unmagnetisch sind.

Mischungen und Übergänge zwischen Zementit- und Martensitsystem

Ein unlegierter Stahl kristallisiert nur dann nach dem Martensitsystem, wenn er aus dem Gebiete der Mischkristalle schnell abgekühlt wird. Beim Ablöschen dicker Stahlstücke kann die Wärme nur aus den Randschichten schnell abfließen, daher wird in deren Mitte kein Martensit mehr kristallisieren können. Bei der Härtung von Stahlstücken von mehr als etwa 25 mm Dicke kristallisiert im Kern kein Martensit mehr, sondern Perlit.

Ein solcher mit großer Schnelligkeit kristallisierter Perlit ist außerordentlich dichtstreifig. Er kann nur unter Anwendung höchster mikroskopischer Vergrößerung als Perlit erkannt werden. Bei der üblichen metallographischen Beobachtung erscheint er im Ätzbilde neben dem hellgeätzten nadligen Martensit in Form dunkler Flecke, Abb. 19. Ehe man seine Natur als Abschreckperlit erkannte, hielt man ihn für einen besonderen Gefügebestandteil und hat ihm daher einen eigenen Namen, nämlich Troostit, gegeben.

Der Perlit hat ein größeres spezifisches Gewicht als der Martensit. Deshalb entstehen Spannungen, wenn ein vorher gleichmäßiger Stahl nach der Härtung aus Martensitrand mit Perlitkern besteht. Diese Gefügespannungen sind besonders deshalb unerwünscht, weil ohnehin beim Härten größerer Stücke Spannungen infolge ungleichmäßiger Wärmeausdehnung (Wärmespannungen) entstehen müssen.

Je höher man vor dem Ablöschen erhitzt hat, um so steiler fällt im Innern eines Stückes die Temperaturkurve und um so tiefer dringt daher die Härtung ein. Aber einerseits muß man sich vor Überhitzung hüten, anderseits hat die Tiefenwirkung eine Grenze. Man kann nur weiter kommen durch Legierung mit Bestandteilen, die die Martensitbildung begünstigen, damit sie auch bei weniger schneller Abkühlung auftritt. Es sind dies Mangan, Chrom, Nickel u. a. Dadurch kann man eine gleichmäßige Durchhärtung auch in dicken Stücken erreichen.

Ein nach dem Zementitsystem kristallisierter Temperguß geht durch Glühen in hoher Temperatur in das stabilere Graphitgleichgewicht durch Ausscheidung feinkörniger Temperkohle über. Einen ganz entsprechenden Vorgang beobachtet man, wenn man einen im Martensitgleichgewicht befindlichen Stahl erwärmt. Dieser geht dann in das Zementitgleichgewicht über. Schon eine Erhitzung auf 100° bewirkt den Beginn der inneren Umwandlung, und diese wird vollständig, wenn der Stahl bis auf 500° erhitzt wird. Aber ebenso, wie sich der Graphit beim Anlassen nicht in großen Kristallen, sondern in der feinverteilten Form der Temperkohle abscheidet, ebenso vermag auch der Zementit bei solcher Entstehung nur in sehr kleinen Körnern zu kristallisieren. Dieses Gefüge nennt man Sorbit, Abb. 20.

Mit dem Übergang von Martensit zum Sorbit verliert der Stahl seine Schneidhärte. Jedoch ist die Festigkeit im sorbitischen Zustande immer noch wesentlich höher als im perlitischen Zustande. Zugleich hat ein sorbitischer Stahl, wenn er auf Temperaturen von 500° und mehr erhitzt wurde, eine genügende Dehnbarkeit. In diesem Zustande sind die Güteeigenschaften denjenigen der perlitischen Stähle überlegen. Man bezeichnet die Umwandlung in den sorbitischen Zustand durch Abschrecken mit nachfolgendem Erhitzen als Vergüten. Die Vergütung wird zerstört, wenn man etwa bis über die Linie *PSK* erhitzen würde; denn dann müßten der Sorbit in Mischkristalle und diese bei der nachfolgenden Abkühlung in Perlit übergehen.

Die Werkzeugstähle erhitzt man nach dem Abschrecken weniger hoch, nämlich nur auf Temperaturen zwischen 220° und 330°. Diese Nachbehandlung vermindert die Sprödigkeit, ohne der Härte zu schaden. Man bezeichnet sie als das Anlassen der Werkzeugstähle. Der Übergang aus dem Martensitsystem in das Zementitsystem verläuft dabei nicht stetig, sondern geht über eine Zwischenstufe, die sich beim Anlassen auf 100° bildet. Die auftretenden unstetigen Längenänderungen, Abb. 21, können zur Ursache von Härterissen werden, ebenso wie die während des Abschreckens auftretenden Spannungen. Die Anlaßumwandlungen beanspruchen bei den angegebenen Temperaturen Zeiten von etwa 10 bis 15 h, um vollständig zu werden. So lange Zeit muß man die Stähle also anlassen, wenn man sie für diese Temperaturen volumbeständig machen will.

Übersicht und Beispiele

Überblickt man die verschiedenen Systeme, in denen die Eisenkohlenstoff-Legierungen je nach der Abkühlungsgeschwindigkeit kristallisieren können, und die Möglichkeiten der Mischungen und Übergänge zwischen diesen Legierungen, so erkennt man, daß das Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen verwickelt und vielseitig ist. Diese physikalisch-chemische Tatsache ist die Ursache, daß Eisen und Stahl mit technisch so verschiedenartigen Eigenschaften erzeugt werden können. Zweifellos werden auf Grund weiterer theoretischer Erforschung des Zustandschaubildes und seiner Änderungen bei Zulegierung weiterer Grundstoffe neue bisher unerreichte Güteeigenschaften von Eisen und Stahl erzeugt werden. Zur Mitarbeit an diesen Fortschritten und zur richtigen Behandlung der vielseitigen Eisenwerkstoffe ist naturgemäß eine gründliche Kenntnis des Eisenkohlenstoff-Schaubildes unerläßlich. Eine sichere, betriebsmäßige Behandlung von Eisen-, Stahl- und Grauguß ist nur dann möglich, wenn auch der Betriebsingenieur dieses Zustandschaubild gründlich kennt.

Den vielen Zustandsänderungen des Schaubildes entsprechen ebenso viele Verschiedenheiten im Kleingefüge, Zahlentafel 4. Aber gerade diese Vielseitigkeit bedingt, daß jeder kleinste Vorgang der Wärmebehandlung und Reckbehandlung seine Spur im mikroskopischen Bilde des Stahles für den Metallographen eindeutig erkennbar hinterläßt.

Die im folgenden mitgeteilten Ergebnisse metallographischer Untersuchungen mögen dafür als Beispiel dienen.

1. Untersuchung von Zahnradrohlingen aus Chromnickelstahl. Die Stücke konnten infolge zahlreicher Risse nicht verwendet werden. Abb. 22 zeigt einen solchen Riß und Abb. 23 in höherer Vergrößerung eine in der Nähe des Risses liegende Randstelle. Man sieht zahlreiche auf den Grenzen sehr grober Körner liegende Oxydeinschlüsse. Im Innern des Stückes ist dagegen der Werkstoff schlackenfrei und feinkörniger. Die von der Stange abgeschnittenen Preßstücke sind bei der Erwärmung vor dem Schmieden überhitzt worden, und zwar ist

Hanemann: Das Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen und seine Anwendung

RZ 2633 Z 2

Abb. 2
Stahlring mit phosphorreichem Kern (dunkel geätzt), der von schwarz geätzten, besonders phosphorreichen Stellen umsäumt ist. Ätzung: Kupferammonchlorid. Vergr. 1,35 fach.

RZ 2633 Z 6

Abb. 6
Stahl mit 1,35 vH Kohlenstoff, Zementit (helles Netz) und Perlit (gestreifte Grundmasse). Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 400 fach.

RZ 2633 Z 3

Abb. 3
Werkzeugstahl, streifiger Perlit. Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 1200 fach.

RZ 2633 Z 7

Abb. 7
Weißes Roheisen mit 4,3 vH Kohlenstoffgehalt, Ledeburit. Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 150 fach.

RZ 2633 Z 4

Abb. 4
Werkzeugstahl, körniger Perlit. Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 500 fach.

RZ 2633 Z 8

Abb. 8
Weißes Roheisen mit rd. 3 vH Kohlenstoff, dunkle tannenbaumartige Mischkristalle (Perlit) in binärer Grundmasse (Ledeburit). Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 40 fach.

RZ 2633 Z 5

Abb. 5
Stahl mit 0,46 vH Kohlenstoff, Ferrit (hell) und Perlit (gestreift). Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 600 fach.

RZ 2633 Z 9

Abb. 9
Schnelldrehstahl, ledeburitähnliches Eutektikum (heller, binärer Bestandteil). Ätzung: alkoholische Pikrinsäure und Anlaufenlassen. Vergr. 150 fach.

Hanemann: Das Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen und seine Anwendung

Abb. 10
Schnelldrehstahl, Eutektikum durch Schmieden verteilt. Ätzung: alkoholische Pikrinsäure und Anlaufenlassen. Vergr. 150 fach.

Abb. 14
Temperguß, Grundmasse aus Ferrit (hell) mit Temperkohle (dunkle, zackige Einlagerung) und kleinen grauen Schlackeneinschlüssen.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 500 fach.

Abb. 11
Graues Roheisen mit rd. 4 vH Kohlenstoff, Graphiteutektikum.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH.
Vergr. 300 fach.

Abb. 15
Schwarzbrüchiger Stahl. Der dunkle Teil der Bruchfläche ist stark temperkohlenhaltig. Bruchfläche.
Vergr. 1,5 fach.

Abb. 12
Grauguß hoher Güte, Graphiteutektikum (binär dunkel) und Perlit (hell Grundmasse).
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 100 fach.

Abb. 16
Stahl mit 0,83 vH Kohlenstoff, bei 800° in Wasser abgelöscht, Martensit.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 720 fach.

Abb. 13
Walzenguß, links weiß erstarrte Oberfläche der Walze aus Ledeburit (hell nadlig), rechts Walzenkern aus Grauguß (dunkel).
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 9 fach.

Abb. 17
Stahl mit 1,7 vH Kohlenstoff, bei 1125° in Wasser abgelöscht, Austenit (Grundmasse) mit Martensitnadeln (hell). Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 75 fach.

Hanemann:
Das Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen und seine Anwendung

Abb. 18
Nickelstahl mit 0,3 vH Kohlenstoff und 33 vH Nickel, Austenit.
Ätzung: alkoholische Pikrinsäure.
Vergr. 300 fach.

Abb. 19
Stahl mit 0,75 vH Kohlenstoff, bei 770 ° in Öl abgelöscht, Martensit (helle, nadlige Grundfläche) mit Abschreckperlit, auch als Troostit bezeichnet (dunkle, rundliche Flecke).
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 200 fach.

Abb. 20
Vergüteter Stahl mit 0,35 vH Kohlenstoff und 0,8 vH Mangan, bei 850 ° in Wasser abgelöscht und auf 500 ° angelassen, Sorbit.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH.
Vergr. 1200 fach.

Abb. 22
Verbrannter Chromnickelstahl mit Rissen auf der Oberfläche.
Ätzung: Eisenchlorür.
Vergr. 2 fach.

Abb. 23
Wie Abb. 22; Oxydeinschlüsse auf den Korngrenzen in der Nähe der Oberfläche (Schlifflage zu Abb. 22).
Ätzung: Eisenchlorür. Vergr. 20 fach.

Abb. 24
Längsschliff durch eine splitterig gerissene Automobilachse. Anordnung des Ferrites in Zeilen.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH.
Vergr. 20 fach.

Abb. 25
Einzelansicht einer Ferritzeile aus Abb. 24 mit langgestreckten und punktförmigen Schlackeneinschlüssen.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH.
Vergr. 300 fach.

Abb. 26
Grauguß, aus einem im Betriebe gebrochenen Querhaupt einer Spindelpresse. Teils grobblätterig (rechts), teils feinkörnig (links), mit Poren (schwarz) durchsetzt. Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 2,8 fach.

Hanemann: Das Zustandschaubild der Eisenkohlenstoff-Legierungen und seine Anwendung

Abb. 27
Ventilstössel, Tellerstück aus Hartguß, Schaft aus Stahl. Der helle Fleck an der Nut des Stahlrohres ist die durch Punktschweißung hergestellte Verbindung.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 2 fach.

Abb. 28
Ungenügend gehärteter Schnelldrehstahl; nicht schnitthaltig. Grundmasse aus feinnadligem Martensit mit kleinen und großen Karbidkörnern.
Ätzung: alkoholische Pikrinsäure. Vergr. 600 fach

Abb. 29
Vergüteter Konstruktionsstahl, gebrochen. Grobes Netz aus Ferrit und Ferritnadeln (hell) mit Sorbit und Troostitflocken (dunkel). Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 300 fach.

Abb. 30
Gehärteter Chrom-Wolfram-Werkzeugstahl, gebrochen. Grobkörniger Martensit (nadlige Grundfläche) mit einigen dunklen Troostitflecken.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 150 fach.

Abb. 32
Ansicht des halben Querschnittes des Kopfes einer gehärteten Schiene. In der breiten, gehärteten Oberflächenschicht zahlreiche helle Martensitflecke.
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 2 fach.

Abb. 31
Ansicht des halben Querschnittes eines Bohrkolbens. Führungsleiste aus Martensit (hell), Kern aus Troostit (dunkel).
Ätzung: alkoholische HNO_3 1 vH. Vergr. 2 fach

die Überhitzung am Rande höher gewesen als im Kern. Sie hat am Rande nahezu ein Schmelzen und ein Verbrennen durch eindringende Oxydschlacke herbeigeführt, und diese schädliche Veränderung der Oberfläche hat die Risse zur Folge gehabt. Die Ursache des Fehlers liegt also darin, daß ein ursprünglich guter Werkstoff unsachgemäß verschmiedet worden ist.

2. Untersuchung einer splitterig gebrochenen Automobilachse. Das Kleingefüge, Abb. 24, zeigt ausgeprägte Seigerungstellen in Längsrichtung. Durch Sonderätzung wurde nachgewiesen, daß diese Stellen phosphorreich sind. Sie sind von Schlacke erfüllt, Abb. 25. Der Zustand des Kleingefüges aus Ferrit und Perlit, Abb. 25, beweist, daß der Stahl nach dem Schmieden oder Walzen ohne besondere Wärmebehandlung vermutlich an der Luft abgekühlt ist. Es ist somit ein phosphor- und schlackenreicher, stark geseigerter, unvergüteter Stahl verwendet worden. Für diese Maschinenteile pflegt man aber Stähle hoher Güte nach besonderer Wärmebehandlung anzuwenden. Im vorliegenden Falle ist daher entweder der Werkstoff verwechselt, oder aber der Versuch gemacht worden, für ein hochbeanspruchtes Stück einen geringwertigen Stahl anzuwenden.

3. Querhaupt aus Grauguß einer Spindelpresse, das im Betriebe gebrochen war. Die metallographische Untersuchung des äußerlich dicht aussehenden Stückes zeigte im Innern eine handbreitgroße lunkerige und porige Fläche, Abb. 26.

4. Bei einem im Betrieb gut bewährten, von der üblichen Beschaffenheit augenscheinlich abweichenden Ventilstößel, Abb. 27, ist der Teller aus einem Hartgußstück gebildet, das auf der Arbeitsfläche weiß, in den andern Teilen grau erstarrt ist. Der Schaft besteht aus einem Stahlrohr, das durch Punktschweißung mit dem Teller verbunden ist.

5. Untersuchung eines Schnelldrehstahl-Werkzeuges, das nicht Schnitt hielt. Das Kleingefüge, Abb. 28, besteht aus sehr zahlreichen mittleren und kleinen Karbideinschlüssen in einer kornlosen Grundmasse. In einem richtig gehärteten Schnelldrehstahl pflegen aber die kleinen Karbideinschlüsse aufgelöst zu sein, so daß nur noch die größeren vorhanden sind und die Grundmasse eine der Härtetemperatur entsprechende Körnung zeigt. Die mangelnde Schnitthaltigkeit des Werkzeuges rührt von ungenügender Härtung her.

6. Untersuchung einer Automobil-Vorderachse. Der Werkstoff, Abb. 29, enthält ein sehr grobes Korn von 20 000 μ^2 mittlerer Kornflächengröße. Eine solche Korngröße kann nur auftreten, wenn der Stahl überhitzt worden ist. Im Kleingefüge tritt viel Ferrit auf, der in Nadelform kristallisiert ist. Bei richtig vorgenommener Abschreckung soll sich aber Ferrit nicht ausscheiden. Der Stahl ist daher beim Vergüten zu langsam abgeschreckt worden. Der Werkstoff ist bemerkenswert rein von Schlacken und dicht. Das Versagen der Achse erklärt sich aus der fehlerhaften Wärmebehandlung.

7. Auch in einem zu Bruch gegangenen Bohrer aus Chromwolframstahl konnte man aus dem hoch grobkörnigen Gefüge, Abb. 30, nachweisen, daß der Stahl beim Härten hochgradig überhitzt worden ist.

8. Bei einem zu Bruch gegangenen Bohrkolben, Abb. 31, war zwar die vorspringende Führungsleiste bei der Härtung glashart geworden. Ein Teil der vertiefter liegenden Führungsfläche dagegen war ungehärtet geblieben, und gerade in der Nähe des einspringenden Winkels trafen z. T. gehärtete und nicht gehärtete Stellen zusammen.

9. Zur Zeit werden Versuche über die Bewährung gehärteter Eisenbahnschienen angestellt. Abb. 32 zeigt den Querschnitt eines solchen Schienenkopfes. Man kann die Grenze der Härtungsschicht im Schienenkopf deutlich erkennen und sieht, daß ein allmählicher Übergang zwischen den gehärteten und ungehärteten Teilen auftritt.

[B 2633]

Werkstoffe für Schweißstäbe[1])

Forschungsarbeiten des Fachausschusses für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure

Von Dipl.-Ing. Kantner, Wittenberge

Untersuchung über den Einfluß der Umhüllung der Schweißstäbe auf Güte und Wirtschaftlichkeit der Schweißung — Richtlinien für die Beurteilung der blanken Stäbe; Liefer- und Leistungsbedingungen

Der Gruppe II b: Werkstoffe für Schweißstäbe des Fachausschusses sind folgende Arbeiten übertragen:

1. Untersuchungen über den Einfluß der Umhüllung der Schweißstäbe auf Güte und Wirtschaftlichkeit der Schweißung.
2. Aufstellung von Richtlinien für die Beurteilung der blanken Stäbe, sowie von Liefer- und Leistungsbedingungen.

Zu 1. Auf die Verwendung von umhüllten und nicht umhüllten Stäben soll nur ganz kurz eingegangen werden, da die Arbeiten noch nicht zu Ende geführt sind. An Hand einer großen Reihe von Versuchen mit umhüllten und umwickelten Sonderstäben deutscher und auch ausländischer Herkunft kann ich meine Meinung dahin äußern, daß nach wie vor der guten deutschen blanken Elektrode der Vorzug zu geben ist. Wenn auch einige günstige Ergebnisse beim Verschweißen dünner Bleche bei *einer* Schweißlage mit umwickelten Elektroden erzielt wurden, so kann dies doch nicht ausschlaggebend sein für die allgemeine Anwendung ummantelter Stäbe. Als zusammenfassendes Ergebnis aus den bisherigen Versuchen der Gruppe mit blanken und umhüllten Stäben möchte ich feststellen, daß die Verwendung der teuren umhüllten Schweißstäbe an Stelle guter blanker Elektroden bei den allermeisten Verbindungschweißungen wirtschaftlich nicht gerechtfertigt ist.

[1]) Vorgetragen in der Sitzung des Fachausschusses für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure in Düsseldorf am 4. September 1926.

Zu 2. Bei der Ausarbeitung der Richtlinien für Lieferung von Schweißstäben mußte die Werkstoffdinorm 1600 berücksichtigt werden, wonach die Bezeichnung „Flußeisen" nicht mehr anzuwenden ist. Es wird vorgeschlagen, allgemein die Bezeichnung „*Schweißdraht*" zu wählen, und zwar:

a) Schweißdraht mit einem C-Gehalt bis 0,1 vH für alle Verbindungschweißungen,
b) Schweißdraht mit einem C-Gehalt von 0,45 bis 0,8 vH für noch bearbeitbare Auftragschweißungen,
c) Hartschweißdraht mit einem C-Gehalt von 0,8 vH an aufwärts für verschleißfeste Schweißungen.

Weiter hat sich die Notwendigkeit ergeben, Stäbe für die Gasschmelzschweißung und solche für die elektrische Lichtbogenschweißung getrennt zu verwenden, daher also auch für beide Schweißarten getrennt zu bestellen. Bei der Gasschmelzschweißung kommt für die Beurteilung des Werkstoffes ein ruhiger, schlacken- und blasenfreier Fluß der Schmelze in Frage, bei der Lichtbogenschweißung außerdem noch das tiefe Einbrennen des Lichtbogens in das Werkstück, das fehlende Spritzen und Knattern des Drahtes und die Form, in der sich der Schweißdraht auf das Werkstück auflegt.

Bedingungen für die Lieferung von Schweißdraht (gewalzt oder gezogen) für Verbindungs- und Auftragschweißungen

Beschaffenheit. Der Schweißdraht soll je nach Anforderung aus weicherem oder härterem Flußstahl hergestellt sein. Er soll ein gleichmäßiges Gefüge, gleich-

mäßige Dicke und möglichst kreisrunden Querschnitt haben. Die Oberfläche muß frei von Zunder, von Rost und Öl sein. Abweichungen vom Nenndurchmesser sind bei Drähten bis einschließlich 5 mm Dmr. bis ± 0,1 mm und über 5 mm Dmr. bis ± 0,2 mm zulässig. Für die Gasschmelzschweißung muß der Draht geglüht sein; vorheriges Verkupfern ist zulässig.

Zahlentafel 1 zeigt die chemische Zusammensetzung in folgender Gliederung:

Gruppe	Schweißdraht für Verbindungschweißungen und für Auftragschweißungen an weichen Stahlsorten mit C-Gehalt bis 0,1 vH	Schweißdraht für Auftragschweißung mit Festigkeiten über 50 kg/mm² (Brinellhärte über 150 Einheiten)	Hartschweißdraht für verschleißfeste Schweißungen mit einem C-Gehalt von 0,8 vH an aufwärts
Kohlenstoff . . . vH	bis 0,1	0,45 bis 0,8	von 0,8
Mangan . . . . . „	~ 0,5	0,5 bis 0,8	an aufwärts
Silizium . . . . . „	Spuren	0,15	je nach Ver-
Phosphor . . . . „	≦ 0,04	≦ 0,04	wendungs-
Schwefel . . . . . „	≦ 0,03	≦ 0,03	zweck

Güteprüfung. Probestücke werden auf dem Lieferwerk durch den Abnahmebeamten entnommen, dem die Fertigstellung größerer Mengen, mindestens 1000 kg, rechtzeitig mitzuteilen ist. Die zur Prüfung gestellten Mengen sind nach Entnahme der Probestücke unter Bleiverschluß zu legen und vom Abnahmebeamten zu stempeln. Genügen die Probestücke den gestellten Anforderungen, so werden die Mengen vom Abnahmebeamten zum Versand freigegeben, andernfalls sind die Bleiverschlüsse vom Abnahmebeamten zu entfernen. Von je 1 t kann eine Güteprobe, jedoch müssen von 10 t mindestens zwei Güteproben von mindestens je 1 kg entnommen werden. Es sollen in der Regel sämtliche Durchmesser geprüft werden.

Folgende Güteversuche werden ausgeführt:

a) Schweißversuch. Die Schweißstäbe werden geprüft, indem auf Eisenblech oder anderm Walzstahl mit elektrischem Lichtbogen eine Schweißraupe gezogen und mit dem Schweißbrenner der Draht abgeschmolzen wird. Der Draht soll dabei leicht und gleichmäßig fließen. Er darf nur schwach spritzen.

b) Mechanische Güteprüfung der Schweißung. Zunächst sei der Schweißdraht für Verbindungschweißungen besprochen, der durch Faltversuch (kalt) geprüft wird.

Zwei Blechstücke von Lokomotivkesselblech-Güte und 100 mm Breite werden nach V-förmiger Vorbereitung der Schweißkanten zusammengeschweißt. Aus dem mittleren Teil werden dann die Probestäbe von etwa 40 mm Breite kalt herausgearbeitet und um einen Dorn vom Durchmesser der doppelten Blechdicke gebogen, wobei die Schweißzone im Scheitel des Biegewinkels liegen soll (vergl. Din. 1605). V-Schweißungen sind so zu biegen, daß der Scheitel der Schweiße — also die Spitze der V-Schweißung — an den Dorn zu liegen kommt. Der Probestab muß bei Blechen bis zu 10 mm Dicke eine Biegung von 120°, bei Blechen von 10 bis 16 mm Dicke von 90° aushalten, ohne daß Anrisse in der Schweißzone eintreten.

Der Schweißdraht für Auftragschweißungen wird durch Abmeißelversuche geprüft. Auf ein Flußstahlstück von 50 × 100 × 12 mm, dessen Festigkeit oder Kohlenstoffgehalt etwa dem zu prüfenden Schweißdraht entspricht, wird ein Schweißraupe durch Auftragen von drei Lagen nebeneinander und zwei übereinander „ohne Unterbrechung" gebildet. Löst man diese Schweißraupe durch einen scharfen Handmeißel ab, dessen Schneide auf etwa 2 mm Tiefe unter der Oberfläche des Probestückes anzusetzen ist, so darf sich der entstehende Span nicht in der Schweißfuge zwischen Werkstoff und Schweißstoff teilen. Der aufgetragene Schweißstoff muß in sich vollkommen dicht sein. Die Schweißraupe ist auf Härte durch Kugeldruckversuch nach Brinell zu prüfen. Sie soll über 150 Brinelleinheiten hart, jedoch befeilbar sein. (Prüfung mit 5 mm-Kugel und 750 kg Belastung. Din 1605.)

c) Chemische Analyse. Genügt ein Güteversuch nicht, so können zwei weitere ausgeführt werden. Fällt von diesen auch nur einer ungünstig aus, so wird die ganze zugehörige Lieferung verworfen.

Lieferung. Der Schweißdraht ist für die Gasschmelzschweißung in Längen von 1 m, geglüht und gebeizt, die Beize durch Abwaschen entfernt, oder geglüht und blank gezogen, für die elektrische Lichtbogenschweißung in Längen von 350 mm und in Ringen in ungeglühtem Zustand in einer Verpackung, die Rostgefahr ausschließt, zu liefern. Schweißdraht für Auftragschweißungen ist an einem Ende durch weißen Farbüberzug zu kennzeichnen. Schweißdraht für Verbindungsschweißungen erhält kein besonderes Zeichen. Erfüllungsorte sind die im Vertrage angegebenen Anlieferungslager. Auf der Verpackung (Kisten usw.) ist Gewichtmenge, Abmessung des Schweißdrahtes und Firmenzeichen des Lieferers deutlich und haltbar anzubringen.

Ersatz. Der bei der endgültigen Abnahme ausgeschlossene Draht lagert am Empfangsort (Erfüllungsort) auf Gefahr des Lieferers. Er ist innerhalb der vertragsmäßigen Zeit nach Aufforderung bedingungsgemäß zu ersetzen.

Besondere Bedingungen für die Lieferung von gußeisernen Schweißstäben

Beschaffenheit. Die Gußstäbe sind in den vorgeschriebenen Abmessungen gratfrei zu liefern. Sie sollen dichtes Gefüge haben und beim Schweißen nicht spritzen oder knattern. Abweichungen vom Nenndurchmesser sind bis ± 0,5 mm zulässig. Die Schweißzone muß befeilbar sein. Die chemische Zusammensetzung soll betragen:

Kohlenstoff	3 bis 4	vH
Mangan	0,5 „ 0,8	„
Silizium	2,5 „ 3,6	„
Phosphor	0,4 „ 0,8	„
Schwefel höchstens	0,1	„

Güteprüfung. Die weiter oben unter Güteprüfung genannten Vorschriften gelten hier sinngemäß, für jede einzelne Güteprobe sind jedoch mindestens drei Probestäbe von mindestens 1,5 kg Gesamtgewicht erforderlich; von je 250 kg kann, von 1 t muß eine Güteprobe entnommen werden.

Folgende Güteversuche werden ausgeführt:

a) Schweißversuch. Schweiße muß dicht und feilenweich sein;

b) chemische Analyse, siehe oben.

Genügt ein Güteversuch nicht, so können zwei weitere ausgeführt werden. Fällt von diesen auch nur einer ungünstig aus, so wird die ganze dazu gehörige Lieferung verworfen.

Lieferung. Die gußeisernen Schweißstäbe sind

in Dicken von 4, 5 und 6 mm Dmr. mit 500 mm Länge,
„ „ „ 7, 8 „ 9 „ „ „ 750 „ „ ,
„ „ „ 10 mm Dmr. an aufwärts „ 900 „ „ ,

gegen Rostgefahr geschützt, in Kisten von 200 kg Gesamtgewicht zu liefern. Für Erfüllungsort, Bezeichnung der Kisten und Ersatz gelten die gleichen Bedingungen wie oben. [B 2479]

Die wirtschaftliche Kegelradbearbeitung

im fortlaufenden Abwälz-Schraubfräsverfahren

Von Professor A. Wallichs und Dipl.-Ing. H. Blaise, Technische Hochschule Aachen

Überblick über die Entwicklung der Stirn- und Kegelradbearbeitungsmaschine und ihre Ziele — Idealform des Bearbeitungsverfahrens für hohe, wirtschaftliche Leistungen — Begriffsfestsetzung des fortlaufenden Abwälz-Schraubfräsverfahrens für die Kegelradbearbeitung in Anlehnung an das Stirnrad-Schraubfräsverfahren — Fräserform — Vor- und Nachteile bei der Herstellung der möglichen Evolventenzahnformen — Die Kegelrad-Abwälzfräsmaschine: Kinematische Zusammenhänge, getriebliche Anordnung, konstruktive Lösung, Leistungen und Verwendbarkeit.

Grundlagen des fortlaufenden Abwälz-Schraubfräsverfahrens beim Kegelradfräsen

Die außerordentlich hohen Anforderungen, die die Entwicklung der Zahngetriebe namentlich im Motorenbau, im Bau der Kraftwagen und bei den Übersetzungsgetrieben der Dampfturbinen und elektrischen Motoren an die Genauigkeit der in den Getrieben verwendeten Zahnräder stellte, führten in den letzten Jahren zu beachtenswerten Änderungen in der Herstellung und Form der Zahnräder. Bei der Herstellung von Stirnrädern normaler Größenordnung ist der Entwicklungsgang gekennzeichnet durch die Ausbildung des kontinuierlichen Abwälzverfahrens ohne Teilschaltung und des Schleifens der Zahnräder im Abwälzteilverfahren. Dieser Herstellgang beschränkt sich auf Stirnräder mit geraden Zähnen. Bei Kegelrädern mit geradlinigen Zähnen ist die Konstruktion einer nach dem fortlaufenden Abwälzverfahren ohne Teilschaltung arbeitenden Fräsmaschine unmöglich gewesen, während Schleifmaschinen mit Teilschaltung auch hier ohne wesentlichere Schwierigkeiten wie bei Stirnrädern seit einigen Jahren gebaut werden.

Die zunehmende Bedeutung der Herstellung, insbesondere die Forderungen eines geräuschlosen Ganges und sanften Eingriffs, führten in bezug auf die Zahnform zu Pfeil- und Kreisverzahnungen (Kreis-, Sinoiden- und Evolventenverzahnung) bei Kegelrädern. Der Entwurf und der Bau von Kegelradmaschinen für Bogenverzahnungen nach dem Abwälzverfahren hatten erhebliche Schwierigkeiten im Gefolge, die in den verwickelten bewegungstechnischen Zusammenhängen zwischen Werkzeug und Arbeitstück begründet waren. Zusammengesetzte Bewegungen in vielgliedriger Aneinanderreihung zwischen schief zueinander im Raume liegenden Achsen machten hinsichtlich der theoretischen Behandlung und auch für die praktische Durchführung eines spielfreien und unnachgiebigen Aufbaues der einzelnen Bauglieder einer solchen Maschine den Theoretikern und Praktikern erhebliches Kopfzerbrechen.

Die Bogenverzahnung für Kegelräder entwickelte sich dann verhältnismäßig spät. Erst im zweiten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts hörte man von den Erfindungen durch Böttcher, Brandenberger und andre, ferner von der amerikanischen Ausführung durch die bekannte Firma Gleason[1]). Von diesen Maschinenarten arbeiten außer der Maschine von Brandenberger die auf den Markt gebrachten Maschinen nur nach dem Teil-Abwälzverfahren. Eine Verbesserung des Arbeitsverfahrens hinsichtlich der Kontinuität stellt die Brandenberger-Kegelradhobelmaschine dar. Ein Nachteil sind indes der große Werkzeugleerlauf und nur zwei arbeitende Werkzeugschneiden.

Die Entwicklung der angeführten Maschinen kennzeichnet einerseits die Verwendung von Werkzeugen mit möglichst vielen Arbeitsflanken zur Erhöhung der Schnittleistung, anderseits die Anwendung der Kontinuität im Arbeitsverlauf, die ein Schalten von Zahn zu Zahn überflüssig macht. Die reinen Kreisbogenverzahnungen scheinen deswegen nicht die Idealform darzustellen, weil die kontinuierliche Herstellung in einem Arbeitsgange hierbei nicht erreicht werden kann.

Abb. 1 und 2
Schraubfräsverfahren und Abwälz-Schraubfräsverfahren für Stirnräder

a Stirnrad
b Schneckenfräser
c gedachte Zahnstange
d Seiten des Stirnrades
e Fräserachse
f Schneckenfräser
g ruhende Achse von *f*

Die ausgezogenen Pfeile 1, 2 und 4 kennzeichnen den Zusammenhang der Bewegungen um die ruhenden Achsen. *h* Zusatz-Drehbewegung beim Abwälzen des Fräsers *f* in Richtung des Pfeiles 5. Die Pfeile 4' und 5' deuten die Möglichkeit einer kinematischen Umkehrung des Abwälzvorganges an.

Da im Hinblick namentlich auf die Kraftwagenindustrie ein großes Bedürfnis für die wirtschaftliche Herstellung von Kegelrädern mit stoßfreiem und geräuschlosem Gang vorhanden ist, erlangt die Vereinigung beider Vorzüge in einer Maschine erhöhte Bedeutung für ein ideales Arbeitsverfahren, d. h. die Verwendung eines Werkzeuges mit möglichst vielen Schneidkanten, von denen mehrere gleichzeitig durch ihre Arbeitstellung gehen und wobei der Übergang der jeweils folgenden Arbeitstellung in kontinuierlichem Verlauf, also ohne Schaltung, bis zur Fertigstellung des Rades möglich ist.

Der Spiralkegelrad-Wälzautomat nach Schicht-Preis[2]) ist nach diesen Grundsätzen gebaut. Er stellt Spiralkegelräder nach dem Abwälzverfahren in einem durchlaufenden Arbeitsgang her unter Verwendung der größtmöglichen Zahl von gleichzeitig arbeitenden Flanken in einem Werkzeug. Die Wirkungsweise und die Bauart dieser Maschine sollen nachstehend beschrieben werden.

Die Grundlage der Herstelltechnik bildet — wie bei allen Kegelrad-Abwälzverfahren — das Werkzeugplanrad, das als solches zwar nicht körperlich vorhanden ist, dessen ideelle Form aber durch die Bahnen von Schneidwerkzeugen mit geradlinigen Schneidkanten ersetzt wird, ähnlich wie man es bei den Maschinen von Rei-

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 913 u. f.

[2]) Hersteller: W. Ferd. Klingelnberg Söhne, Remscheid, Abtlg. Hückeswagen.

necker, Gleason, Böttcher und Geßner u. a. m. beschrieben findet. Das Verfahren lehnt sich an das der Stirnrad-Schraubfräsmaschine an, ist aber grundsätzlich verschieden von diesem. Um einen klaren Einblick in die grundsätzliche Verschiedenheit der erforderlichen Bewegungen zu erhalten, wird im folgenden die Entwicklung des fortlaufenden Kegelrad-Abwälz-Schraubfräsverfahrens aus dem Stirnrad-Schraubfräsverfahren erläutert.

Entwicklung des Abwälz-Schraubfräsverfahrens aus dem Schraubfräsverfahren unter Zugrundelegung der Stirnradherstellung

Abb. 1 und 2 zeigen ein Stirnrad *a*, dessen Zahnlücken im Aufriß durch Punkte, im Grundriß durch Linien angedeutet sind. Bei der Bewegung im Sinne des Pfeiles 1 kämmt eine gestrichelt gezeichnete, gedachte Zahnstange *c* in der Bewegungsrichtung des Pfeiles 2 mit dem Stirnrad *a*. Beim normalen Stirnrad-Schraubfräsverfahren kopiert nun ein Schneckenfräser *b* die zu beiden Seiten *d* des Stirnrades verbreitert gedachte wandernde Zahnstange *c* durch seine Eigendrehung. Die Fräserachse *e* führt lediglich eine Bewegung in Richtung der Pfeile 3, also in Richtung der Stirnradzähne aus.

Betrachtet man nun den tatsächlichen Vorgang genauer, so findet man, daß die einzelnen Fräserzähne bei ihrer Arbeit- bzw. Schnittbewegung mit ihren — den zu formenden Zahn einhüllenden — Flanken nur eine kreisende Bewegung ausführen, wobei der Mittelpunkt der Kreisbewegung allmählich in der Zahnrichtung vorgeschoben wird. Dies bedeutet, daß jeder Zahn des Fräserwerkzeuges im Zahnprofil nur e i n e bestimmte Hüllstellung einnimmt, wobei nur ein bestimmter Teil seiner Schneidlänge den eigentlichen Hüllschnitt um den einen Punkt der Eingriffslinie des fertigen Zahnrades in der betreffenden Abwälzstellung ausführt.

Sind beispielsweise zur Herstellung eines Stirnrades vier volle Frässergänge nötig, so wird bei zehn Schneidzähnen je Gang eine Zahnflanke durch vierzig Tangentenschnitte hergestellt. Die Genauigkeit der Flankenform ist also abhängig von der eingreifenden Gangzahl und der Zahl der Schneidzähne je Gang. Kennzeichnend für dieses S t i r n r a d - S c h r a u b f r ä s v e r f a h r e n ist also: Das Zahnrad wird durch einen Schneckenfräser erzeugt, der eine mit dem Zahnradrohling abwälzend gedachte Zahnstange kopiert, wobei j e d e r e i n z e l n e F r ä s e r z a h n n u r e i n e b e s t i m m t e, e i n h ü l l e n d e A b w ä l z s t e l l u n g z u m Z a h n r a d e b e i m S c h n e i d e n d e r F l a n k e n e i n n i m m t. Dieses Verfahren wird allgemein als Abwälzverfahren bezeichnet, weil die gedachte Zahnstange beim Abwälzen mit einem plastischen Stirnradrohling in diesem die Zähne formen würde.

Im Hinblick auf die Bewegung des Werkzeuges zum Werkstück bezeichnet man aber als Abwälzverfahren einen Bearbeitungsvorgang, bei dem die geradlinige Werkzeugschneidkante, mit dem Rade abwälzend gedacht, nacheinander alle hüllenden Abwälzstellungen einnimmt, z. B. Bilgram, Yellow u. a. Bei dem beschriebenen Verfahren fehlt nun dieses Kennzeichen des Abwälzens, und man könnte nach dieser Darlegung das Verfahren fortlaufendes „Vorschub-Schraubfräsverfahren" nennen. Zum Unterschiede von dem im folgenden erläuterten fortlaufenden „A b w ä l z - S c h r a u b f r ä s v e r f a h r e n" ist die bekannte Bezeichnung „S c h r a u b f r ä s v e r f a h r e n" aber genügend deutlich.

Man stelle einen Schneckenfräser *f*, Abb. 1, von genügender Länge so ein, daß er die ablaufend gedachte Zahnstange *c* durch die Drehung im Sinne des Pfeiles 4 um seine ruhende Achse *g* kopiert. Die Länge ist hierbei so zu wählen, daß die Projektion der Fräserflanken in der Hüllstellung in Richtung der Zahnstange die ganze Zahnbreite einnimmt. Bewegt man nun die Fräserachse unter entsprechender Zusatzdrehung *h* des Fräsers derart in Richtung des Pfeiles 5, daß der Fräser die wandernde Zahnstange dauernd in seiner Vorwärtsbewegung kopiert, so wandert der Fräser über den sich drehenden Zahnrad-

Abb. 3 und 4
Prinzip des schaltungs-losen Abwälz - Schraub-fräsverfahrens für Kegelräder

a gedachtes Planrad — Teilebene *b* Kegelradrohling
c kegeliger Schneckenfräser *d* Planradachse
Die ausgezogenen Pfeile 1, 2 und 3 kennzeichnen den Zusammenhang der Bewegungen um die ruhenden Achsen.
h Zusatzdrehbewegung beim Abwälzschwenken der Fräserachse um *d* in Richtung des Pfeiles 5. Die Pfeile 4′ und 5′ deuten die Möglichkeit der kinematischen Umkehrung des Abwälzvorganges an

rohling, wobei die Zahnlücken ebenfalls eingefräst werden. Hierbei fällt der Vorschub im Sinne der Pfeile 3 fort.

Man erkennt nun leicht den grundsätzlichen Unterschied. Bei diesem Verfahren nimmt jeder Fräserzahn beliebig viele Hüllstellungen ein, da seine hüllende Schneidkante in der Zahnstange wandert, z. B. von Punkt *A* nach Punkt *B*. Hierbei können je nach der Größe der „Zusatzbewegung" Pfeil 5 und Zusatzdrehung *h* beliebig viele hüllende Fräserschnitte erzeugt werden, d. h. die Form der Zahnflanke kann genauer hergestellt werden.

Kennzeichnend für das fortlaufende „S t i r n r a d - A b w ä l z - S c h r a u b f r ä s v e r f a h r e n" ist also: Das Zahnrad wird durch einen Schneckenfräser erzeugt, der eine mit dem Zahnradrohling sich abwälzend gedachte Zahnstange kopiert, wobei j e d e r e i n z e l n e F r ä s e r z a h n d u r c h A b w ä l z b e w e g u n g b e l i e b i g v i e l e A b w ä l z s t e l l u n g e n z u m Z a h n r a d e b e i m S c h n e i d e n d e r F l a n k e n e i n n i m m t.

Das fortlaufende Abwälz-Schraubfräsverfahren bei der Kegelradherstellung.

Es ist leicht erkennbar, daß entsprechend dem Stirnrad-Schraubfräsverfahren Kegelräder nicht herstellbar sind, da der erforderliche Vorschub (Pfeil 3) selbst bei gekrümmten Zähnen nie ausführbar wäre. Das Stirnrad-Schraubfräsverfahren mit Schneckenfräser stellt nach den obigen Erläuterungen einen Sonderfall dar, der durch die Geradlinigkeit und die parallele Lage der Zahnstangenzähne begründet ist. Deshalb sind auch Pfeilräder ohne weiteres nach diesem Verfahren herstellbar.

Betrachtet man aber das Stirnrad-Abwälz-chraubverfahren, so erkennt man ebenfalls ıld, daß es einen Sonderfall des Kegelrad-Abwälz-hraubverfahrens darstellt. Die Zahnstange ist ja ein lanrad von unendlich großem Durchmesser, die Zusatz-wegung (also Fräserabwälzbewegung) ein Schwenken s Fräsers um den unendlich fernen Planradmittel-unkt. In Abb. 3 und 4 ist nun das Kegelrad-Abwälz-hraubverfahren dargestellt, wobei, wie später zu er-rtern ist, ein kegeliger Fräser verwendet wird. Grund-itzlich ist auch hier ein zylindrischer Fräser ver-endbar.

Die gedachte wandernde Zahnradstange ist hier ein n Sinne des Pfeiles 1 kreisendes Planrad *a* geworden. n Aufriß liegt das Planrad in der Zeichenebene, im rundriß ist es durch eine Gerade dargestellt. Mit iesem gedachten, kreisenden Planrad kämmt nun der egelradrohling *b* durch Drehung im Sinne des Pfeiles 3, ntsprechend dem Verhältnis der Zähnezahlen. Dreht an nun den Fräser *c* im Sinne des Pfeiles 2 um seine uhende Achse derart, daß seine Schneidkanten im Hüll-chnitt das kreisende Planrad kopieren, so ist die Form er Zähne des Planrades bogenförmiger Natur, wie päter bei der Beschreibung der Fräserform erläutert erden soll. Um nun in den Kegelradrohling die Zahn-icken einzufräsen, wird der Fräser *c* unter entsprechen-er Zusatzdrehung *h* im Sinne des Pfeiles 5 derart um ie Planradachse *d* geschwenkt, daß der Fräser das reisende Planrad dauernd kopiert. Hierbei wandert ler Fräser durch die Stellung *c'* über den Kegelradroh-ing, wobei jeder einzelne Fräserzahn je nach Größe der usatzbewegungen (Pfeil 5 und Drehung *h*) beliebig iele hüllende Fräserschnitte auf dem zugehörigen Plan-addurchmesser ausführt. Ähnlich dem Stirnrad-Abwälz-Schraubfräsverfahren ist die Stellung des Fräsers so, laß die hüllenden Fräserschnitte, die sich über die ganze Planradbreite erstrecken, tangential zur Zahnkrümmung verlaufen, wobei jeder Schneidzahn die Zahnbearbeitung n einem bestimmten Durchmesser durch Hüllschnitte ewirkt.

Die Art des Verfahrens läßt ohne weiteres erkennen, laß die Forderungen, die man an den Fräser zu stellen at, lediglich im Kopieren von Planrädern besteht, wo-ei die Verwendung möglichst geradliniger, also einfacher Werkzeug-Schneidkantenform zu berücksichtigen ist. Dieser Fräser muß also mit dem Gegenplanrad des von hm kopierten Werkzeugplanrades einwandfrei kämmen können, wenn die Drehzahlen bei ruhenden Achsen sich ımgekehrt verhalten wie Frägergangzahl zu Planrad-ähnezahl. Die Möglichkeit der praktischen Ausführbar-keit soll im Rahmen dieses Aufsatzes in möglichster Kürze behandelt werden.

Sinngemäß dem Stirnrad-Schraubfräsverfahren und mit Rücksicht auf die Bildung von gleichen Zahnstärken im Normalschnitt über die ganze Länge der Kegelrad-zähne sowie durchgehend gleicher Zahnhöhe sind die Schneidzähne des Fräsers in Gängen von gleicher Stei-gung spiralig auf einem Kegelmantel angeordnet und haben gerade Schneidflanken. Betrachtet man nun eine Reihe dieser Zähne in der Hüllstellung zum Gegen-planrad, d. h. in dem Augenblick, wo sie das eigentliche Werkzeugplanrad kopieren, so stellen sie im Hüllschnitt len Schnitt durch eine Zahnstange (Kammstahl) dar, ler senkrecht zur Planradebene steht. Denkt man sich nun entsprechend dem Modul *m* des Zahnstangenschnittes und der Planradzähnezahl z_{pl} einen Zylinder (Grund-zylinder) vom Durchmesser $D = m\, z_{pl}$ um die Planrad-achse *d*, Abb. 3, und wickelt den bandförmig um den Zylinder liegend gedachten Zahnstangenschnitt bei ruhen-dem Planrad tangentenförmig ab, so wird er Zähne formen, deren Krümmung reine Evolventen für alle Zahnflankenpunkte darstellen.

In Abb. 5 ist dieser Fall für die Teilebene dargestellt, wobei der Zahnstangenschnitt als Linie in gleich langen Teilungen erscheint. Die kinematische Umkehrung dieses Vorganges ergibt einen in bestimmter Richtung, z. B. Pfeil 1, wandernden Zahnstangenschnitt und das im Sinne des Pfeiles 2 sich drehende Planrad, wobei

Abb. 5
Zahnbogenform nach gemeiner Evolvente

ein spielfreies Kämmen, also vollkommenes Kopieren des Werkzeugplanrades durch das Zahnband erfolgt. Wollte man nun die Schnittbewegung dieses wandernden Zahn-stangenbandes durch einen Spiralfräser ersetzen, dessen hüllende Schneidkanten in Achsenschnitten des Fräsers liegen, so würde die Verschiedenheit des Steigungswinkels in den verschiedenen Entfernungen von der Spitze es un-möglich machen, durch eine Schrägstellung des Fräsers alle seine Hüllschnitte senkrecht zum Zahnstangenschnitt, d. h. in Richtung der zu bearbeitenden Flanken, zu führen.

Denkt man sich aber denselben Zahnstangenschnitt nach Abb. 6 durch ein Lineal in einem beliebigen Ab-stande *SR* von dem Grundzylinder entfernt getragen und das Lineal nach links abrollend, so wird jetzt der Zahn-stangenschnitt Zähne formen, deren Krümmungen für alle Punkte der Zahnflanke sogenannte verlängerte Evol-venten, besser „äquidistante" Evolventen genannt werden. Beim Abrollen des Lineals gehen nun sämtliche Nor-malen zu den Linealbahnen, also auch den Bahnen des Zahnstangenschnittes durch den jeweiligen Rollpunkt *R* als augenblicklichen Drehpunkt, wie es durch die strich-punktierten Linien für die Teilebene des Planrades dar-gestellt ist. Nun liegen bei einem Kegelfräser mit gleicher Steigung alle zur Kegelmantel-Schraubenlinie in den Schnittpunkten mit einer Mantellinie gelegten Senk-rechten in der die Mantellinie enthaltenden Tangenten-ebene an den Kegel, wobei sie alle durch einen Punkt im Abstande $SR = c = \frac{m}{2} \sin\, \alpha$ (m = Modul des Fräsers, α = halber Kegelwinkel) gehen. Ist nun in Abb. 6 der Abstand $SR = c$, und stellt man den Fräser mit seinem die Planradteilebene unterhalb der Zeichenebene berührenden Teilkegelmantel so ein, daß die Teilmantelkegelspitze im Abstande $SR = c$ vom Rollpunkt *R* entfernt liegt und die Berührungsmantellinie senkrecht zum Radius des Punktes *R* steht, so decken sich die Schraubennormalen in den Schnittpunkten der Mantellinie mit den Normalen der äquidistanten Evolventen in den betreffenden Punkten. Dies bedeutet, daß die Hüllschnitte in Rich-tung der zu bearbeitenden Flanken gehen, so daß ein Kopieren des Planrades durch den äquidistant wandern-den Zahnstangenschnitt ebenso durch den sich drehenden Fräser erfolgt. Diese Darlegung gilt streng genommen

Abb. 6
Zahnbogenform nach verlängerter Evolvente
Geringe Zahnbreite, großer Zahnkrümmungswinkel *b* am Innen-kreis *i* der Planrad-Teilebene *a*, *u* unbrauchbare Fräserspitze, *R* jeweiliger Rollpunkt der Evolvente

Abb. 7
Zahnbogen nach verkürzten Evolventen
Größere Zahnbreite, kleinere Zahnkrümmungswinkel b am Innenkreis i der Planrad-Teilebene a, u unbrauchbare Fräserspitze, R jeweiliger Rollpunkt der Evolvente

nur für den Teilkegel eines Spiralfräsers gleicher Steigung (archimedische Spirale), wenn seine Hüllschnitte in einem Achsenschnitt liegen.

Nach Abb. 6 kopiert ein rechtsgängiger Fräser ein linkssteigendes Werkzeugplanrad. Dies entspricht dem in der neueren Literatur behandelten Fall der sogenannten „verlängerten" Evolventen. Hierbei wird meist wenig darauf aufmerksam gemacht, daß das Kegelradfräsen nach diesem Verfahren, Abb. 6, mehrere wesentliche Nachteile hat. Am inneren Begrenzungskreis i ist der Zahnkrümmungswinkel b infolge der unbrauchbaren Fräserspitze u schon ziemlich groß, in der Zeichnung rd. 39°. Dies ist für die auftretenden Zahn- und Achsdrücke sehr nachteilig. Außerdem entstehen bei dieser Zahnkrümmungsart Zahnflankenfehler, da die gedachte Schneckenfläche der Fräserschneidkanten in der Richtung von A nach B eine abnehmende Krümmung aufweist, während die Krümmung der Zähne des Werkzeugplanrades von A nach B zunimmt.

Verwendet man nun, wie in der Maschine von W. F. Klingelnberg, einen linksgängigen Fräser zur Erzeugung eines linkssteigenden Werkzeugplanrades, Abb. 7, so können die obigen Mängel auf ein Mindestmaß beschränkt werden. Die entstehenden Zahnkrümmungen sind in Abb. 7 sogenannte „verkürzte" Evolventen; sie entstehen, wenn der gedachte Zahnstangenschnitt im Abstande SR vom Grundkreis nach dessen Mittelpunkt zu von einem auf dem Grundkreis rollenden Lineal getragen wird. R ist wieder Rollpunkt, also augenblicklicher Pol. Stellt man nun, entgegengesetzt wie in Abb. 6, den Fräser mit der Spitze im Abstande $SR = c$ vom Grundkreis nach innen so ein, daß seine Berührungs-Teilmantellinie senkrecht zum Halbmesser steht, so decken sich ebenfalls die Schraubennormalen in den Schnittpunkten der Mantellinie mit den Normalen der verkürzten Evolventen in den betreffenden Punkten. Der Vergleich von Abb. 6 und 7 zeigt deutlich die Vorteile der verkürzten Evolventen. Trotz der unbrauchbaren Fräserspitze u beträgt der Zahnkrümmungswinkel b am inneren Begrenzungskreis i in Abb. 7 nur 17°, und die nutzbare Zahnbreite nach dem Grundkreis zu ist um rd. 33 vH größer geworden. Weiterhin ist es für möglichst fehlerfreie Zahnflanken von Bedeutung, daß die Krümmungen an der Schneckenfläche der Fräserschneidkanten und die an den Spiralzahnflächen des zu kopierenden Werkzeugplanrades in gleicher Richtung gleichsinnig zu- oder abnehmen. Hierdurch wird es möglich, daß die Fräserschneidkante nach dem Durchgang durch ihre Hüllstellung den durch den vorangegangenen Hüllschnitt fertiggestellten Zahnflankenteil nur sehr wenig verletzt, was bei verlängerten Evolventen nach Abb. 6 in wesentlich stärkerem Maße der Fall ist.

Der Aufbau der selbsttätigen Abwälz-Schraubfräsmaschine für Kegelräder (Kegelrad-Wälzautomat)

Der allgemeine Aufbau und das für die eingangs beschriebenen bewegungstechnischen Forderungen des Kegelrad-Abwälz-Schraubfräsverfahrens erforderliche Getriebe ist im Schema durch Abb. 8 und 9 dargestellt. Der Fräser a wird zunächst durch einen in der Planscheibe d verschiebbaren Schlitten b und durch Drehung des Werkzeugkopfes c um die beiden Achsen e und f in eine Abwälzstellung nach Abb. 7 gebracht, wobei die Achse der Planscheibe gleichzeitig die Achse des in der Planradebene g liegend gedachten Planrades ist. Die Bewegungsmöglichkeit nach Pfeil 1 des Planscheibengehäuses ermöglicht das Heranbringen der Teilkegel-Mantellinie an die Planradteilebene. Der Teilkegelmantel des Kegelradrohlings k wird durch Verschieben des Supportes h auf dem schwenkbaren Rundtisch i mit der Teilebene des Planrades in Berührung gebracht. Die so festgelegten Achsen des Kegelradrohlings und die Stellung des Fräsers zur Planscheibe liegen für den folgenden Fräsvorgang fest. Solange der Fräser keine Abwälzbewegung ausführt, steht die Planscheibe still und mit ihr das durch die beiden Schneckenwellen l und m über die Differential-Wechselräder gekuppelte Differentialgehäuse n. Die Antriebwelle treibt nun einerseits über festliegende Stirn- und Kegelradgetriebe im Differential, in der Planscheibe, dem Schlitten und Werkzeugkopf den Fräser, anderseits über ein durch Wechselräder zwischen den Wellen o und p veränderliches Getriebe den Zahnradrohling an. Die Wechselräder sind hierbei so zu wählen, daß das Übersetzungsverhältnis von Fräser zum Kegelradrohling dem Verhältnis

Zähnezahl des Kegelradrohlings : Fräsergangzahl

entspricht.

Die Abwälzbewegung des Fräsers — das Schwenken um die Planradachse und die zugehörige zusätzliche Drehung um seine Achse — wird durch das Schneckengetriebe q bewirkt, das die beiden durch Differential-Wechselräder gekuppelten Schnecken m und l in Drehung versetzt. Hierdurch wird die Planradscheibe gedreht, der Fräser also geschwenkt und gleichzeitig durch das sich im bestimmten Übersetzungsverhältnis zur Planscheibe drehende Differentialgehäuse die entsprechende Zusatzbewegung der vorhandenen Drehbewegung des

Abb. 8 und 9
Schema für Aufbau und Antrieb der Abwälz-Schraubfräsmaschine für Spiralkegelräder

a Fräser b Schlitten, in der Planscheibe d verschiebbar
c Werkzeugkopf e, f Drehachsen des Werkzeugkopfes
g Planradebene h Support i schwenkbarer Rundtisch
k Kegelradrohling l, m Schneckenwellen n Differentialgehäuse o, p Wellen für Wechselräder
q Schneckengetriebe

Abb. 12 bis 15
Schnitte durch die Abwälz-Schraubfräsmaschine für Spiralkegelräder und Antrieb

a Differentialgehäuse
b Antriebwelle und
c Schneckentrieb für das Nortongetriebe
d Kegelradpaar und
e Zwischenwelle zum Antrieb von *i*
h einrückbares Kegelradgetriebe für Zusatzbewegung
i Schneckenwelle von *a*
k Schneckenwelle von
l Planscheibe
m Spindel zu *p*
n an der Planscheibe feststellbarer Nocken
o Welle zum Schalten von *p*
p Ziehkeil für *h*
q Aufspannwelle für den Rohling
r Schneckenradantrieb für *q*
s Schwenktisch
t Teilscheibe für die Tiefenstellung des Fräsers
u desgl. für die Winkelstellung des Tisches
v desgl. für die Tangentenstellung des Rohlings zum Planrad
w Fallschnecke
x Sperradantrieb
y Schubkurbel
z Schneckenwelle

Fräsers überlagert. Hierbei sind die Differentialräder so zu wählen, daß bei einer Planscheibenumdrehung, d. h. einer geschlossenen Schwenkung des Fräsers um die Planradachse, der Fräser genau so viel zusätzliche Drehungen durch Überlagerung ausführt, als das zum Bearbeitungsvorgang gedachte Werkzeugplanrad Zähne haben müßte.

In Abb. 10 bis 15 ist die konstruktive Lösung der Maschine dargestellt. Der Antrieb des Nortongetriebes mit acht Geschwindigkeiten, der ja beliebig ist, wird hierbei nicht von der Antriebwelle, sondern von der Welle *b*, Abb. 10, mittels Schneckentriebes *c* bewirkt. Das Nortongetriebe treibt nun über das Kegelradpaar *d*, s. auch Abb. 12 bis 15, die Schneckenwelle *i* des Differentialgehäuses *a* über das wechselweise mittels Ziehkeiles *p*, Abb. 13, einrückbare Kegelradgetriebe *h* (Vor- und Rücklauf der Zusatzbewegung), wobei die Schneckenwelle *k* der Planscheibe *l*, Abb. 15, durch die jeweiligen Differentialwechselräder in zwangläufigem Zusammenhang mit Welle *i* steht. Ein an der Planscheibe in beliebiger Stellung feststellbarer Nocken *n*, Abb. 14, bewirkt nach Beendigung des Abwälz-Schwenkvorganges über die Wellen *o* und *m* die Stillegung des Abwälzgetriebes durch Schaltung des Ziehkeiles *p* auf Ruhestellung. Für die Herstellung von Planrädern ist noch ein Vorschub des Rohlings vorgesehen, der durch die Fallschnecke *u*, Abb. 11, mittels Sperradantriebes *x* erfolgt. Die Sperradklinke *x* selbst wird durch eine Schubkurbel *y* von der Schneckenwelle *z* angetrieben.

Es sei nun noch aufmerksam gemacht auf die gute Lagerung der Planscheibe und auf die Befestigung des Werkzeugkopfes, insbesondere auf die kräftige Ausbildung der Aufspannwelle *q*, Abb. 10, für den Rohling und

Abb. 10 und 11
Gesamtbild der Abwälz-Schraubfräsmaschine für Spiralkegelräder mit Rohlingantrieb
(Buchstabenerklärung s. unter Abb. 12 bis 15)

ihres Schneckenradantriebes *r*. Weiterhin stellt die kegelige Lagerung des Schwenktisches *s* für eine genaue Zentrierung sowohl, wie für die Aufnahme des Fräserdruckes eine sehr gute Lösung dar. Hinzuzufügen wäre noch, daß sämtliche wichtigen Einstellorgane durch große Teilscheiben — *t* für die Tiefenstellung des

Abb. 16
Kegelrad-Wälzautomat von W. Ferd. Klingelnberg Söhne, Remscheid

Fräsers, u für die Winkelstellung des Tisches, v für Tangentenstellung des Rohlings zum Planrad — eine hohe Genauigkeit verbürgen.

Die neueste Ausführung ist in Abb. 16 dargestellt, während Abb. 17 den Fräsvorgang auf dem Kegelrad-Wälzautomaten zeigt. Aufschluß über die Leistungen der Maschine gibt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Leistungen der selbsttätigen Abwälz-Schraubfräsmaschine für Kegelräder (Kegelrad-Wälzautomat) nach Schicht-Preis, gebaut von W. Ferd. Klingelnberg Söhne

Nr.	Stirn-Modul mm	Normal-Modul mm	Zähne bzw. Übersetzungs-Verhältnis	Äußerer Teilkreis mm	Zahnbreite mm	Fräszeiten bei Zähnezahl	Fräszeiten für Rad aus S.-M.-Stahl min	Fräszeiten für Rad aus Chr.-N.-Stahl min
1	5,43	3,5	23 : 23	124,89	26 (rd. 7,5 × Modul)	23	26	
2	7,25	4,5	22 : 25	159,5 / 181,25	40 (rd. 8,9 × Modul)	22 / 25	40 / 45	
3	4	3	12 : 60	48 / 240	26 (rd. 8,7 × Modul)	12 / 60		8 / 45

Bemerkenswert ist, daß bei großen Übersetzungsverhältnissen (Nr. 3 der Zahlentafel) trotz der kleinen Zähnezahl des Ritzels $z = 12$ eine Zahnbreite von rd. 8,7 × Normalmodul, also rd. 2,8 × Teilung möglich ist; die Zahnbreite hat also hier die gleiche Größenordnung wie bei Stirnrädern. Bei kleinen Übersetzungsverhältnissen muß die Zähnezahl größer gewählt werden, um bei einer Zahnbreite in obiger Größenordnung zu vermeiden, daß der Zahnkrümmungswinkel am Außenkranz des Rades zu groß wird. Dies ist mehr oder weniger bei allen Schrägverzahnungen erforderlich, damit die Zahn- und Achsdrücke in normalen Grenzen bleiben.

Bei der gleichen Zahndicke über die ganze Zahnbreite und insbesondere durch die Spiralkrümmung der Zähne wird ein wesentlich gleichmäßigeres Tragen als bei geradlinig verzahnten Kegelrädern gewährleistet, ganz abgesehen von der Sanftheit des Eingriffes und des allmählichen Überganges der Kraftwirkung von Zahn zu Zahn. Dies ermöglicht die Verwendung geringerer Zahnbreiten, die weniger empfindlich gegen geringe Zusammenbaufehler sind.

Hierbei sei darauf aufmerksam gemacht, daß die großen Zahnbreiten bei Kegelrädern mit geradliniger Verzahnung, die beim Einbau besondere Schwierigkeiten bereiten, infolge der starken Verjüngung des Zahnprofils nach der Kegelspitze hin eine außerordentlich hohe Beanspruchung am inneren Kegelradkranze bedingen, da hier hohe Umfangskräfte von verhältnismäßig schwachen Zähnen zu übertragen sind. Bei diesen Kegelrädern wäre auch eine Verringerung der Zahnbreite durch die Wahl eines größeren Durchmessers zweckmäßiger, wie es bei den Spiralkegelrädern durch die Natur der Zahnform bedingt ist.

Die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ergibt sich nach der Zahlentafel aus der Kürze der Bearbeitungszeiten des Schneidvorganges. Mit Rücksicht auf möglichste Kürze der Gesamtherstellzeit sind die neusten Maschinen, Abb. 16, mit beschleunigtem Rücklauf und Einzelantrieb versehen, wobei Kegelräder bei einem Normalmodul $m = 6$ mm bis zu 500 mm Dmr. hergestellt werden können.

Abb. 17. Fräsvorgang auf dem Kegelrad-Wälzautomat. Der Fräser schwenkt aus dem fertigen Tellerrad

Es braucht nun nicht weiter dargelegt zu werden, daß Maschinen dieser Art bezüglich der wirtschaftlichen Fertigung von Kegelrädern sämtlichen anderen Maschinenarten überlegen sind, wie ja auch die Stirnrad-Schraubfräsmaschine auf dem Gebiete der Stirnradherstellung eine hervorragende, sozusagen beherrschende Stellung in der Industrie eingenommen hat. Die Verwendung der auf solcher Maschine hergestellten Kegelräder im Präzisionsmaschinenbau, also das Nachschleifen der gehärteten Räder, wird wie bei allen anderen Verfahren ohne weiteres möglich durch die Entwicklung entsprechender, nach dem Teilverfahren arbeitenden Abwälz-Schleifmaschinen. Doch sind allgemein die Schleifmaschinen für alle Spiralverzahnungen noch im Versuchszustand, da für die konstruktive Lösung sämtlicher Arten noch Schwierigkeiten zu überwinden sind, die nicht durch die Zahnformen, sondern hauptsächlich durch den erforderlichen Schleifwerkstoff begründet sind. [B 2436]

Umlenkung eines freien Flüssigkeitsstrahles an einer ebenen Platte

Von Dr.-Ing. F. Reich, Berlin

Auszug aus Heft 290 der Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure.

Für den heutigen Wasserturbinenbau, bei dem Laufräder großer Schnelläufigkeit mit Austrittsverlusten von 30 bis 40 vH verwendet werden, ist die Schaffung eines geeigneten Saugrohres zur Rückgewinnung der Austrittenergie eine Frage von wesentlicher Bedeutung. Das gewöhnliche, kegelförmig erweiterte Saugrohr wird für diese Aufgabe am geeignetsten sein; nur läßt es sich wegen der erforderlichen großen Länge und der bei diesen Turbinen meist vorhandenen geringen Gefälle selten anordnen.

Außerdem wird bei den kegelförmigen Saugrohren nur dann der Druck gut in Geschwindigkeit umgesetzt, wenn das Wasser aus dem Laufrade möglichst in senkrechter Richtung austritt. Denn bei einer etwa vorhandenen großen Umfangskomponente der absoluten Austrittsgeschwindigkeit läßt sich nur eine geringe Verkleinerung dieser Komponente erreichen, die im umgekehrten Verhältnis der Saugrohrdurchmesser abnimmt.

Durch Umlenkung des im Saugrohr zunächst senkrecht fließenden Wassers um 90° mittels einer Platte und durch eine sich in dieser Richtung allmählich erweiternde Führung soll in neuzeitlichen Saugrohrbauarten, wie sie zum Beispiel von Kaplan und dem Amerikaner White vorgeschlagen sind, auch diese Komponente umgesetzt werden.

Wenn nun auch die Strömung in einem Saugrohr anders verläuft als beim freien, senkrecht nach unten fließenden Strahl, auf den, um nur eines anzuführen, ständig die Erdbeschleunigung einwirkt, so beweisen doch die von White veröffentlichten Ergebnisse[1]), die er mit einem nach der Umlenkkurve des freien Flüssigkeitsstrahles gestalteten Saugrohr erreicht hat, welche wichtigen Anhaltspunkte sich aus der genauen Kenntnis dieser Kurve für die Entwicklung zweckmäßiger Saugrohrformen ergeben.

Der Tatsache, daß hierüber im Schrifttum keine durch Versuche erhärtete Angaben vorhanden sind, verdanken die im folgenden mitgeteilten Untersuchungen ihr Entstehen. Sie sind demgemäß lediglich als Vorversuche zur Lösung der schwierigen Saugrohrfrage anzusehen.

Die Versuche wurden an dem aus Abb. 1 ersichtlichen, hierfür besonders umgebauten Versuchstand durchgeführt, der von Geheimrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Frese erbaut wurde und sich im Institut für Wasserkraftmaschinen der Technischen Hochschule Hannover befindet. Bei diesem Kreislauf fördert eine Pumpe die Wassermenge von 60 l/s in das mit Beruhigungsrechen b versehene Meßgerinne a. Von hier gelangt es nach Abströmen über einen Überfall d in den Oberwasserkasten o und nach Durchfluß durch die darunter befindliche Versuchdüse l von 70 mm Austrittsdurchmesser und nach vollzogener Umlenkung wieder in den Pumpensumpf zurück. Die für den Versuch erforderliche Wassermenge wird mittels der Schieberplatte i eingestellt, das im Überschuß geförderte Wasser läuft durch das Rücklaufrohr h unmittelbar in den Pumpensumpf zurück.

[1]) White, The hydraucone regainer, its development and application in hydroelectric plants, „Mechanical Engineering" Bd. 43 (1921) S. 375.

Abb. 1
Versuchsanlage

a Meßrinne
b Beruhigungsrechen
c Metallsiebe
d scharfkantiger Ueberfall
e Teller
f, g Wasserstandgläser
h Rücklaufrohr
i Schieberplatte
k Standrohr
l Düse
m Staurohr
o Oberwasserkasten
q Düsenbefestigungsflansch

Abb. 2
Anordnung von Umlenkplatte und Staugerät

a Umlenkplatte
b Stellschrauben
c Staurohr
d Bohrung
e Beilage
f Holzkasten
g eiserner Ring
h Handhabe
l Düse
o Skala
p Eisenplatte
r Zeiger

Die Anordnung der Umlenkplatte mit dem für die Aufmessung der Strahlenergie erforderlichen Staurohrgerät zeigt Abb. 2. Mittels dieser Einrichtung war die Umlenkplatte auf 140 bis 430 mm Abstand von der Düsenmündung einstellbar, während der Oberwasserspiegel im Oberwasserkasten des Gerinnes in den Grenzen von 600 bis 1300 mm über Düsenmündung geändert werden konnte. Die Gefällhöhe vom Oberwasserspiegel bis zur Platte wechselte demnach zwischen 740 und 1730 mm und damit die Wassergeschwindigkeiten auf der Platte zwischen 3,8 und 5,8 m/s.

Die Geschwindigkeit und Druckverteilung im Strahl konnte durch entsprechende Einstellung des Staurohres c in der Beilage e für jeden in beliebiger Höhenlage über der Platte befindlichen Querschnitt ermittelt werden, wobei die einzelnen Meßpunkte innerhalb der Querschnitte durch Drehung der exzentrisch zur Strahlachse angeordneten unteren, schweren Eisenplatte p mittels der Handhaben h abgetastet wurden.

Aus diesen Messungen ergab sich das in Abb. 3 dargestellte Strömungsbild, in das die Kurven gleichen Druckes und die aus der beobachteten Wassermenge und den gemessenen Geschwindigkeiten berechneten Stromlinien eingezeichnet sind. Dieses Strömungsbild bestätigt einwandfrei die Anschauung, daß sich bei Umlenkung eines Flüssigkeitstrahles kein Staukegel mit ruhendem oder in sich kreisendem Wasser bildet, an dem das Wasser entlanggleitet, wie es noch vielfach im neueren Schrifttum angenommen wird. Es zeigte sich, daß die Umlenkung des Strahles, abgesehen von den Grenzschichten, nahezu verlustlos vor sich geht, indem das im Strahlinnern befindliche Wasser vor der Umlenkung durch den Einfluß der Platte seine Geschwindigkeitsenergie in Druckenergie umsetzt, die nach der Umlenkung in geringer Entfernung von der Strahlmitte wieder vollständig in Geschwindigkeit verwandelt wird. Man hat daher unter Voraussetzung einer geordneten Strömung in einer solchen Umlenkplatte ein einfaches

Mittel an der Hand, um das Wasser mit gutem Wirkungsgrad in eine zu seiner ursprünglichen Richtung senkrechte Bahn abzuleiten.

Auch über die Form der Strahlbegrenzung herrschen widersprechende Anschauungen vor. Die tatsächlich bei der Umlenkung vorhandene Strahlform ist in den Abb. 4 und 5 dargestellt. Wie man aus Abb. 4 erkennt, ergeben sich bei gleichem Plattenabstand von der Düse, aber wechselnder Höhe des Oberwasserspiegels, also bei verschiedener Wassermenge und gleichbleibendem Plattenabstand, nahezu kongruente Kurven mit geschwungener Hohlkehle, die sich nur etwas nach unten und nach innen verschiebt. Eine

Abb. 3
Strömungsbild des freien Flüssigkeitstrahles

Oberwasserspiegel 2700 mm
Höhe Platte 1585 mm über null
(Abstand 215 mm von der Düsenmündung), Gefälle 1115 mm
Maßstab 2 : 3

0 bis 5 Berechnete Stromlinien
——— Gemessene Strahlbegrenzung
━━━ Kurven gleichen Druckes in mm W.-S.

Abb. 4
Strahlbegrenzung bei gleichem Plattenabstand (140 mm) von der Düsenmündung und veränderlichem Oberwasserspiegel

Oberwasserspiegel:
——— 3130 mm — — — 2700 mm —·—·— 2400 mm über null
Gefälle: 1470 mm 1040 mm 740 mm

Maßstab 2 : 3

Abb. 5
Strahlbegrenzung bei gleich hohem Oberwasserspiegel und verschiedenem Plattenabstand von der Düsenmündung

Oberwasserspiegel rd. 2700 mm über null
Abstand der Umlenkplatte von dei Düsenmündung:
——— 140 mm — — — rd. 240 mm —·—·— 430 mm
Höhe der Umlenkplatte über null:
1660 mm 1557 mm 1371 mm
Gefälle: 1040 mm rd. 1140 mm rd. 1330 mm
Maßstab 2 : 3

Abb. 6. Lichtbild des Strahles beim Färbungsversuch

Abb. 7. Strahlumlenkung nach White

Abb. 8. Gestalt des freifallenden Strahles, der auf eine senkrecht zur Strahlachse stehende, ebene Platte auftrifft

Abb. 9 und **10.** Stauhöhe und Gürtelhöhe durch den Strahldurchmesser d ausgedrückt:
bei gleichhohem Oberwasserspiegel und verschiedenem Plattenabstand von der Düsenmündung in Abhängigkeit des gleichfalls durch d ausgedrückten Plattenabstandes – Oberwasserspiegel 2700 mm über null
bei gleichem Plattenabstand und verschiedenhohem Oberwasserspiegel über der Düsenmündung

Abb. 11. Für die Aufnahme des Strahldruckes erforderlicher Durchmesser D der Umlenkplatte, der durch den Strahldurchmesser d ausgedrückt ist, aufgetragen in Abhängigkeit des Abstandes nd der Umlenkplatte von der Düsenmündung. Oberwasserspiegel gleichbleibend auf 2700 mm über null

Änderung der Kurvenform, und zwar eine schroffer verlaufende Krümmung an der Umlenkstelle, stellt sich bei zunehmendem Plattenabstand ein, wie es Abb. 5 deutlich zeigt; doch ist der sich ergebende Unterschied auch in diesem Falle nicht sehr bedeutend.

Es kann hiernach keinesfalls die Angabe der „Hütte"[2]) als richtig bezeichnet werden, daß sich ein derartig umgelenkter Strahl ohne Bildung einer wesentlichen Hohlkehle ausbreiten soll. Dieser Annahme sei noch mit Abb. 6 eine Aufnahme des Strahles bei einem Färbungsversuch gegenübergestellt, die gleichfalls eine schön ausgebildete Hohlkehle an der Umlenkstelle erkennen läßt. Aber auch die von White[2a]) angegebene Strahlform, Abb. 7, auf die er seinen „Hydraucone Regainer" aufbaut, bedarf nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung einer Berichtigung. Denn nach seiner Angabe tritt vor der Umlenkung eine über den Strahlquerschnitt gleichmäßig verteilte Geschwindigkeitsverzögerung ein. Weiterhin verläuft sein Strahl bis zu einem Abstand von nahezu der Größe des Strahlhalbmessers von der Umlenkplatte genau zylindrisch und wird dann nach einem Kreisbogen abgelenkt. Nach den Versuchen macht sich die Stauung aber schon viel früher und zuerst im Innern des Strahles bemerkbar.

Schematisch gilt für den frei fallenden Strahl das in Abb. 8 dargestellte Bild. Bis zur Stauhöhe ist eine über die einzelnen Strahlquerschnitte gleichbleibende Geschwindigkeit vorhanden, die dem jeweiligen Gefälle entspricht. Die infolgedessen auftretende Geschwindigkeitszunahme führt eine Strahlzusammenziehung herbei. Im Abschnitt von der Stauhöhe bis zur Gürtelhöhe (Höhe der größten Strahlzusammenziehung über der Umlenkplatte) nimmt die Drucksteigerung bei den inneren Strahlschichten bedeutend, bei den äußeren weniger zu, jedoch überwiegt die infolge der Fallbeschleunigung auftretende Geschwindigkeitszunahme der äußeren Strahlschichten, die eine immer geringer ausfallende Abnahme der Strahldurchmesser bis zur Gürtelhöhe verursacht. Erst nach Überschreiten der Gürtelhöhe nehmen die Strahldurchmesser wegen der nunmehr über die einzelnen Querschnitte im Mittel immer kleiner werdenden Geschwindigkeit zu. Für die in Abb. 3 dargestellte Messung liegt die Stauhöhe bei rd. 1,5 d (d = Strahldurchmesser) über der Platte, während sich die Gürtelhöhe bei rd. 0,75 d befindet.

Drückt man den jeweiligen Plattenabstand von der Düsenmündung gleichfalls durch d aus, so ergibt sich nach den Versuchen für die Stauhöhe und die Gürtelhöhe bei gleichem und bei verschiedenem Oberwasserspiegel die in Abb. 9 und 10 dargestellte Abhängigkeit.

Es mußte nun noch festgestellt werden, an welcher Stelle der Platte die Strahlumlenkung vollzogen ist, d. h. auf welchem Durchmesser der Platte die im Strahl vorhandene Druckenergie wieder vollständig in Geschwindigkeit umgesetzt ist. Hier waren insofern schon Angaben vorhanden, als dieser Durchmesser für die Plattengröße maßgebend ist, die zur Aufnahme der Druckwirkung eines auf eine Platte treffenden Strahles vorhanden sein muß. Diese Frage ist bereits öfters untersucht worden, worüber Weisbach[3]) zusammenfassend berichtet hat. Während die Plattengröße nach Weisbachs Versuchen noch 9 d (d wiederum = Strahldurchmesser) betragen muß, gibt sie Banki[4]) mit rd. 5 d an. Nach der „Hütte"[5]) muß ihre Größe 3 d sein. Die vorliegenden Versuche ergaben, daß die Plattengröße und damit die Umsetzung der Druckenergie in Geschwindigkeit innerhalb des untersuchten Bereiches vom Abstand der Umlenkplatte von der Düsenmündung abhängig ist.

Drückt man den Plattenabstand h gleichfalls durch d aus, also $h = n\,d$, und bezeichnet mit d_2 den erforderlichen Plattendurchmesser, so gibt Abb. 11 die gefundene Gesetzmäßigkeit an, die sich auch durch die Formel $d_2 = \frac{5\,d}{\sqrt{n}}$ ausdrücken läßt. Mit zunehmendem n, demnach größerem Plattenabstand, wird d kleiner, bei $n = 1{,}5$, also dem Plattenabstand gleich der Stauhöhe, ist d_2 = rd. 4 d. Dieses Ergebnis wurde sowohl durch Druckmessung als durch Abwägen mit der in Abb. 12 dargestellten Einrichtung gefunden.

Weiterhin ergaben die Abwägversuche eine gute Übereinstimmung mit dem von Weisbach ermittelten Beiwert ε der bekannten Strahldruckgleichung

$$P = \varepsilon \frac{Q\,\gamma\,v}{g} \text{ mit } v = \sqrt{2\,g\,H},$$

wobei H den Abstand der Platte vom Oberwasserspiegel bedeutet, und zwar wurde ε zu 0,94 bis 0,96 gefunden.

Abb. 12
Einrichtung zum Abwiegen des Umlenkdruckes

a Zinkblechbeschlag
b Holzscheibe
c Holzleisten
d Rahmen aus Winkeleisen
e Eisendraht
f Klemmschrauben
g Düsenflansch
h Hanfseile
i Ring
k Spannvorrichtung
l Hauptseil
m Rad
n Flacheisenbügel
o Oberwasserkasten
p Wagschale
q Ausgleichgewicht
r Holzrahmen
s verstellbare Spitzen
v Holzkasten

[2]) „Hütte", Berlin 1923, Bd. 1 S. 345. [2a]) a. a. O.

[3]) Weisbach, „Zivilingenieur" Bd. 8 (1862) S. 1.
[4]) Banki, Ueber unrichtige Anwendung hydraulischer Sätze, Z. Bd. 53 (1909) S. 1490.
[5]) „Hütte", a. a. O. S. 347.

Abb. 13. Strahlbegrenzungskurve im logarithmischen System aufgetragen. (Oberwasserspiegel 3130 mm, Höhe Platte 1660 mm über null (140 mm Abstand von der Düsenmündung). Gefälle 1470 mm. Messung vom 3. XII. 24.

Fall *a* Bezugsordinate fällt mit der Strahlachse zusammen
„ *b* „ 7 mm Entfernung von der Strahlmantellinie
„ *c* „ 1 „ „ „ „ „

Die Abszisse sämtlicher Kurven liegt in der Ebene der Platte.

Während es nun mißlang, eine Potentialfunktion für die Strömung durch eine Reihenentwicklung aufzustellen, war es verhältnismäßig einfach, aus den gemessenen Kurven eine Gleichung für die Strahlbegrenzung aufzustellen. Trägt man nämlich die gemessenen Begrenzungen in ein logarithmisch geteiltes Koordinatennetz ein, so ergibt sich bei passender Wahl des Koordinatensystems die in Abb. 13 dargestellte Gesetzmäßigkeit. Hiernach war es ohne weiteres möglich, die Gleichung für die Strahlbegrenzung abzuleiten, die in der ersten Form

$$C = z^2 (r - r_0) \quad \ldots \quad (1)$$

lautet, wobei r_0 mit genügender Annäherung gleich r_f, dem Halbmesser des freifallenden Strahls in der Gürtelhöhe bei nicht vorhandener Umlenkplatte, gesetzt werden kann, und der Festwert C aus dem durch $r_2 = \frac{d_2}{2}$ und dem zugehörigen mit der Wassermenge Q und der Wassergeschwindigkeit gegebenen z_2 berechnet wird. Da die in Gl. (1) angegebene Funktion, die zwar die Kontinuitätsgleichung erfüllt, jedoch nicht den Bedingungen einer Potentialströmung entspricht[6]), zur Darstellung des Strömungsbildes nicht recht geeignet war, wurde folgende Gleichung aufgestellt:

$$C = \frac{z^2 r}{k + \frac{z^2}{4}} \quad \ldots \ldots \quad (2).$$

Hierbei ist die Konstante k abhängig vom Plattenabstand und gleichbleibend für das ganze Strömungsbild. C hängt mit der Stromfunktion Ψ durch die Gleichung $\sqrt{C} = k_0 \Psi$ und $Q = 2 \pi \Psi$ zusammen.

Da auch das mit dieser Gleichung berechnete Strombild nicht genau genug der Wirklichkeit entsprach, um daraus die tatsächlichen Drücke zu ermitteln und die Kurven gleichen Druckes in ausreichender Übereinstimmung mit den gemessenen in das Strombild einzeichnen zu können, wurde durch Probieren die folgende Gleichung aufgestellt:

$$C = \frac{r\, z^{1 + \frac{C}{C_s}}}{\varepsilon \left[k_1 + \frac{C}{C_s} \left(k_s - k_1 \right) \right] + \frac{1}{4}\, z^{1 + \frac{C}{C_s}}} \quad . \quad (3)$$

Hierbei ist C_s für die gesamte Strömung unveränderlich; es ändert sich nur mit dem Plattenabstand und der Höhe des Oberwasserspiegels (Systemkonstante), während C für die einzelnen Stromlinien mit der Teilwassermenge wechselt; k_s und k_1 bleiben ebenfalls über die ganze Strömung gleich groß, ε ist ein Maßstabfestwert, der wegen des gebrochenen Exponenten von z eingeführt werden muß. Für die Strahlbegrenzung ist $C = C_s$, so daß Gl. (3) wieder in Gl. (2) übergeht.

Mittels dieser empirisch aufgestellten Gleichung ist das in Abb. 14 dargestellte Strömungsbild berechnet worden. Ein Vergleich mit Abb. 3 lehrt, daß es mit dem aus dem Versuch bestimmten Umlenkungsbild des freien Flüssigkeitsstrahles befriedigend übereinstimmt. Inwieweit die Ergebnisse dieser Vorversuche zur Entwicklung zweckmäßiger Saugrohrformen brauchbar sind, bedarf der Nachprüfung durch weitere, am Turbinenprüfstand vorzunehmende Versuche, die zur Zeit noch angestellt werden.

[M 2505]

Abb. 14
Strömungsbild des freien Flüssigkeitsstrahles nach Gl. (3) unter Annahme gleicher Geschwindigkeit im Eintrittsquerschnitt
Oberwasserspiegel 2700 mm, Höhe Platte 1585 mm über null (Abstand 215 mm von der Düsenmündung), Gefälle 1115 mm
Maßstab 2:3
——— 0 bis 5 Stromlinien aus der Gleichung berechnet
– – – Gemessene Begrenzungskurve
━━━ Linien gleichen Druckes in mm W.-S.

[6]) Ein Grund hierfür dürfte wohl in den beim Versuch beobachteten, bei der Umlenkung auftretenden Ringwirbeln und in der Reibung zu suchen sein, die sich durch einen zur Vermeidung der Drehbewegung in die Düse eingebauten Fächer noch erhöhte.

Wasserkraftnutzung und Binnenschiffahrt
auf der Weltkraftkonferenz in Basel 1926[1])

Von G. de Thierry, Berlin

Die Beschäftigung mit diesen Fragen, deren Behandlung der Gruppe A der Weltkraftkonferenz überwiesen war, ist außerordentlich rege; denn es handelt sich bei der Vereinigung von Wasserkraftnutzung und Binnenschiffahrt um eigenartige und ganz neue Probleme, deren Klärung für alle Länder von Bedeutung ist. So war es auch erklärlich, daß von fast 100 von den verschiedenen Ländern zur Konferenz eingegangenen Berichten allein über 40 die Beziehungen zwischen Wasserkraftnutzung und Binnenschiffahrt und den eng damit verbundenen Gebieten des Turbinenbaues, der elektrischen und Schiffsmaschinen behandelten. In den Gruppen B, C, D, E vermochte ein einziger Generalberichterstatter eingehend über die vorgelegten Arbeiten zu berichten. In der Gruppe A mußten zwei Generalberichterstatter sich in die Arbeit teilen.

In ausgezeichneter Weise hatte der Generalberichterstatter Dr.-Ing. A. Strickler es verstanden, in knapper Form das Wesentlichste aus allen Berichten über Wasserkraftnutzung und Binnenschiffahrt zusammenzufassen und so zu gliedern, daß eine Erörterung der wichtigsten Fragen ermöglicht wurde. Der Generalbericht gliederte den Inhalt der in den zahlreichen Berichten behandelten Fragen unter folgenden Gesichtspunkten:

1. Entgegengesetzte oder gleichgerichtete Interessen der Kraftnutzung und der Schiffahrt beim Betrieb von Kraftwasserstraßen;
2. Wirtschaftlichkeit der an Schiffahrtstraßen ausgenutzten Wasserkräfte;
3. Geschiebeführung und -ablagerung beim Ausbau von Strömen zu Kraftwasserstraßen;
4. Wirtschaftlichkeit der Schiffahrt auf Kraftwasserstraßen;
5. Wassergeschwindigkeit in Schiffahrtskanälen mit Kraftgewinnung;
6. Schlepper für die Binnenschiffahrt, deren Antriebmittel und Antriebmaschinen;
7. hydraulische Rechnungsformeln;
8. Zusammenfassung der übrig bleibenden verschiedenen Berichte.

Bei den ersten Flußkanalisierungen, wie sie in Deutschland am Main und an der Oder, in Frankreich an der Seine, in Belgien an der Maas ausgeführt worden sind, stand die Förderung der Schiffahrt in vorderster Reihe. In Schweden und Norwegen dagegen, wo man später an Flußkanalisierungen heranging, trat die Kraftgewinnung trotz der Bedeutung der Flößerei in den Vordergrund. Eine Ausnahme bildet in Skandinavien allerdings die Wasserstraße, die, von Göteborg ausgehend, nach Stockholm führt und für Seeschiffe fahrbar ist. Bei dieser Wasserstraße wie bei den obengenannten in Deutschland, Frankreich und Belgien hat erst in neuerer Zeit die Kraftgewinnung eine große Bedeutung gewonnen.

Trotz vielfacher Gegensätze dient es, wie Hoebel, Deutschland, in seinem Bericht über die in Deutschland gesammelten Erfahrungen ausführte, zum Vorteil der Schiffahrt und der Wasserkraftnutzung, daß das Gefäll in möglichst wenigen Staustufen zusammengefaßt wird, wobei allerdings die Interessen der durch Hebung des Grundwasserstandes in Mitleidenschaft gezogenen Uferanlieger nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Gegensätze zwischen Schiffahrt und Wasserkraftnutzung treten erst dann auf, wenn die Abflußmenge an den Stauanlagen dem wechselnden Kraftbedarf entsprechend geändert wird, so daß möglicherweise örtliche Anstauungen zu Schiffstrandungen in den unterhalb belegenen Haltungen führen können. Durch Zusammenarbeit einer größeren Anzahl von Kraftwerken in einem gemeinsamen Netz kann dieser Übelstand am wirksamsten behoben werden.

Auf Grund der in Deutschland gemachten Erfahrungen ist Hoebel der Ansicht, daß durch die Bildung von Eisdecken die Schiffahrt erschwert wird, daß dagegen eine feste Eisdecke die Bildung von Grundeis verhindert. Ekwall, Schweden, berichtet, daß nach den Erfahrungen am Trolhätta-Kanal, an dem das Gefälle von 32 m jetzt durch vier an Stelle von früher elf Schleusen überwunden wird, wobei 255 000 kW gewonnen werden, der Schiffahrtsverkehr nur dort behindert wird, wo Geschwindigkeitsverminderungen Anlaß zu Eisanhäufungen geben. Es ist hierbei allerdings zu berücksichtigen, daß Hoebel die bei deutschen kanalisierten Flüssen betriebene Schleppschiffahrt im Auge hat, während auf dem Trolhätta-Kanal Einzelschiffe mit eigener Triebkraft verkehren, denen ihre Maschinen das Durchbrechen mäßiger Eisdecken ermöglichen. Auch die übrigen Berichterstatter aus Schweden (Carl Schmidt, Sundblad und Plaß) stimmen mit Hoebel darin überein, daß es notwendig sei, um entgegenstehende Interessen der Schiffahrt und der Wasserkraftnutzung möglichst auszugleichen, den Betrieb beider in eine Hand zu legen, und daß hierbei nur der Staat als unparteiisches Aufsichtsorgan in Frage kommen kann.

In der Schweiz ist, wie Strickler in seinem eigenen Bericht angibt, durch Bundesgesetz vorgesehen, daß bei Anlage von Wasserkraftwerken Rücksicht auf die Schiffahrt zu nehmen ist, der Kraftwerkkonzessionär ist sogar verpflichtet, das spätere Anstauen des Unterwasserpiegels zu Gunsten der Schiffahrt zu dulden. Allerdings muß die Schiffahrt das obere Werk für den Gefällverlust entschädigen. Angesichts der bevorstehenden Fortführung der Schiffahrt bis zum Bodensee wäre zu erwarten gewesen, daß die beteiligten Schiffahrtskreise eine Aussprache über diese recht unklaren Verhältnisse herbeiführen würden. Auffallenderweise unterblieb aber jede Erörterung über diesen Punkt, der besonderes Interesse dadurch gewann, daß Hoebel von einem Falle zu berichten wußte, bei dem in Deutschland die Schiffahrt mit Erfolg eine Entschädigung vom Kraftwerk erzielen konnte.

Über ausgeführte und geplante Kanalisierungen für Schiffahrt und Wasserkraft lagen wertvolle Berichte vor, und zwar von Dantscher, Deutschland, über die neuen Staustufen an der Großschiffahrtstrecke Rhein-Main-Donau, von Konz, Deutschland, über die Kanalisierung des Neckars von Mannheim bis Plochingen und über die Wasserkräfte der Iller zwischen Ferthofen und Ulm, von Dupin, Frankreich, der die Benutzung der Stauhaltungen als Speicherbecken behandelte, insbesondere mit Rücksicht auf die geplanten Wasserkraftwerke an den Staustufen der kanalisierten Seine zwischen Paris und Rouen. Hier sollen Spiegelschwankungen bis zu 10 cm zugelassen werden, wodurch in einzelnen Haltungen 500 000 m^3 aufgespeichert werden können. Dies gewährleistet eine größere Wirtschaftlichkeit der Kraftnutzung; denn ein etwa zweistündiger Zusatzbetrieb von einem Viertel der eingebauten Maschinenleistung werde bei Niedrigwasser, wo sonst zu wenig Wasser für den Vollbetrieb vorhanden wäre, zur Aufrechterhaltung des Betriebes ausreichen. Strickler war dagegen der Meinung, daß sowohl vom Standpunkt der Kraftnutzung als auch im Interesse der Schiffahrt sowohl bei niedriger wie bei hoher Wasserführung der Wasserspiegel am Wehr gleich hoch zu halten sei.

Der Bericht von Dupin behandelt auch eingehend die Frage der Wirtschaftlichkeit der an Schiffahrtstraßen ausgenutzten Wasserkräfte und beweist, an dem Beispiel der bisher nur für die Schiffahrt kanalisierten Seine oberhalb von Rouen, daß, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden, selbst im Unterlauf von Flüssen mit verhältnismäßig schwachen Gefällen die Ausnutzung der Wasserkraft wirtschaftlich sein kann.

Besondere Bedeutung wegen des Zusammenhanges mit der in stärkster Entwicklung begriffenen Kohlenförderung im holländischen Limburger und im belgischen Campine-Gebiet haben die Berichte von Klenk, Niederlande, und Fontaine, Belgien. Holland wird schon im Jahre 1927 einen Kanal von Wessem nach Nederveert für 600 t-Schiffe fertiggestellt haben, der in der Zuid-Willems-Vaart seine Fortsetzung nach Rotterdam findet. An dem Seitenkanal zur Maas zwischen Maastricht und Maesbracht (Juliana-Kanal), dessen Bau für 2000 t-Schiffe im Jahre 1925 in Angriff genommen worden ist, und der bis 1932 beendet sein soll, ist an den drei Staustufen die Gewinnung von 57 Mill. kWh im Jahr in Aussicht genommen. Unterhalb Maesbracht wird die Maas ebenfalls für 2000 t-Schiffe kanalisiert, des geringen Gefälles auf dieser Strecke wegen ist von einer Ausnutzung der Wasserkraft abgesehen. Dagegen wird durch einen Stichkanal von 13 km Länge zwischen Mook und Nymegen, der im Jahre 1927 vollendet sein wird, eine wesentlich kürzere Verbindung zum Rhein über die Waal hergestellt.

Fontaine weist in seinem Bericht auf die Notwendigkeit hin, das Maastal vor so verheerenden Hochwasserkatastrophen, wie sie im Winter 1925/26 aufgetreten sind, zu schützen und den Abfluß der Maas so zu verbessern, daß genügend Wasser vorhanden sei, um den Kanal von Antwerpen nach Lüttich zu speisen. Zunächst soll im oberen Gebiete des Ourthe-Flusses eine Talsperre erbaut werden, die 200 Mill. m^3 aufzustauen gestattet. Damit wird nicht nur die Speisung des Kanales von der Maas zur

[1]) Kurze Berichte über weitere Gruppenverhandlungen werden folgen. Die gesamten Berichte und Erörterungen über diese und die andern auf der Weltkraftkonferenz verhandelten Gegenstände erscheinen ausführlich in vier Sprachen unter dem Titel „Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926“ im Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel; Preis 125 Schw. Fr. Den Alleinvertrieb für das Deutsche Reich hat die VDI-Buchhandlung. Ueber die Basler Ausstellung ist in Z. Bd. 70 (1926) S. 1311 berichtet.

Schelde sichergestellt, sondern neben einem ausreichenden Hochwasserschutz auch bei Lische, wo der von Lüttich ausgehende Seitenkanal zur Maas nach Antwerpen abzweigt, eine Jahreserzeugung von 80 Mill. kWh ermöglicht.

Die nach Fertigstellung der Ourthe-Sperre vermehrte und geregelte Wasserführung der Maas wird also neben einer wesentlichen Verbesserung der Schiffahrt auf belgischem und holländischem Gebiet die Gewinnung namhafter Wasserkräfte in beiden Ländern ermöglichen, die um so wertvoller sein werden, als die Kohle des Limburger und Campine-Beckens die Möglichkeit bietet, die Wasserkraftwerke zu ergänzen.

Die Berichte von Tillinger und Rosenthal, Polen, und Maurer und Vos, Ungarn, behandeln ähnliche Probleme, die allerdings noch keine so greifbare Gestalt gewonnen haben wie die vorstehend erörterten in Frankreich, Belgien und Holland.

In der Frage der Geschiebeführung und -ablagerung beim Ausbau von Strömen zu Kraftwasserstraßen förderte die in den Berichten der Baudirektion der österreichischen Donauregulierungskommission und von Halter und Schaffernak, Österreich, behandelte Wirkung der Ausnutzung der Donauwasserkräfte auf die Flußsohle und die Eisführung ganz neue Gesichtspunkte zutage. Daß gelegentlich der Verhandlungen über eine Wasserkraftanlage nächst Wallsee von der Schiffahrt lichte Weiten im Stauwehr von 50 m gefordert wurden, geht zweifellos viel zu weit. Solche übertriebenen Forderungen sind jedenfalls nicht geeignet, eine friedliche Entwicklung der Beziehungen zwischen Schiffahrt und Wasserkraftnutzung zu fördern. Viel bedeutsamer ist die in diesen beiden Berichten behandelte Frage der Geschiebeführung in kanalisierten Flüssen. Halter und Schaffernak sind der Ansicht, daß in bezug auf die Erhaltung des bestehenden Flußzustandes ein Werkkanal ohne Wehr oder ein reines Stauwehr günstiger seien als ein Kraftwerk, das mit Hilfe eines Wehres ein Staugefälle und in dem anschließenden Kanal ein Rinngefälle ausnutze.

In beiden Berichten wird mit Recht gefordert, daß der Geschiebebeobachtungsdienst großzügig ausgebaut werden müsse. Dieser Anregung gab die Weltkraftkonferenz in ihrer Vollsitzung am Schlusse der Tagung auch Folge.

Mit der Wirtschaftlichkeit der Schiffahrt auf Kraftwasserstraßen befaßten sich die Berichte von Tillinger und Rosenthal sowie von Strickler. Beide unterscheiden sich dadurch, daß in Polen die Schiffahrt in erster, die Wasserkraft dagegen erst in zweiter Linie als Wassernutzung in Frage kommt. In der Schweiz dagegen ist die Binnenschiffahrt auf der Kraftwasserstraße als Nebenbetrieb anzusehen. Über den Wert der Schlußfolgerungen, zu denen die Berichtverfasser gelangen, kann man verschiedener Meinung sein, weil die Voraussetzungen, von denen sie ausgehen, auf besonderen Verhältnissen beruhen.

Die Wassergeschwindigkeit in Schiffahrtskanälen ist von größter Wichtigkeit, namentlich seitdem Frankreich durch einen Rhein-Seitenkanal von Hüningen (unterhalb Basel) bis Straßburg die praktische Trockenlegung des Rheines mit stärkster Schädigung der badischen Ufergebiete infolge Senkung des Grundwasserstandes ernsthaft betreibt. Die Wassergeschwindigkeit ist deshalb so bedeutsam, weil mit ihr die Schleppkosten bei der Bergfahrt wachsen. Wie ungeklärt die Ansichten über die noch zulässige Wassergeschwindigkeit sind, geht daraus hervor, daß, während Hoebel fordert, daß sie im Mittel 0,7 m/s nicht überschreite, Klink 0,34 m/s als normale Stromgeschwindigkeit festhalten möchte und Fontaine 1,2 m/s als größte mittlere Geschwindigkeit noch als zulässig erachtet. Fontaine weist allerdings darauf hin, daß in dem Sonderfall, den er behandelt, an 245 Tagen im Jahre die Wassergeschwindigkeit unter 0,98 m/s, an 120 Tagen sogar unter 0,61 m/s bleibt.

Das Verhältnis zwischen Kanalquerschnitt und eingetauchtem Schiffsquerschnitt, die zusätzliche Geschwindigkeit infolge der Spiegelsenkung, wie die erhöhte Geschwindigkeit durch Einschränkung des Abflußquerschnittes bei Schiffskreuzungen usw. sind Fragen, die Klink in seinem Bericht berührt und eine eingehende Erörterung wohl gerechtfertigt hätten. Dem Antrage des französischen Delegierten auf Absetzung dieses Gegenstandes von der Tagesordnung mit der Begründung, daß eine Erörterung dieser Frage sich erübrige, weil sich die internationalen Schiffahrtskongresse schon damit befaßten, trat ich entgegen und fand hierbei die Zustimmung der Mehrheit. Dem Wunsche der französischen Delegation, von Beschlußfassungen abzusehen, konnte jedoch unbedenklich Folge geleistet werden; denn derartige Beschlüsse sind für kein Land irgendwie bindend.

Eigenartig war es aber, daß der französische Delegierte aus der Tatsache, daß an einzelnen Übergängen im Rhein die Schiffahrt zwischen Straßburg und Basel Wassergeschwindigkeiten von 5 und 6 m/s zu überwinden habe, folgerte, daß so geringe Geschwindigkeiten, wie sie von einigen Berichterstattern gefordert werden, nicht gut erörtert werden könnten. Ich wies darauf hin, daß auch im Binger Loch die großen Geschwindigkeiten der Schiffahrt recht unbequem wären, aber daß doch niemand daran denke, derartige, rein örtliche Geschwindigkeiten für die Beurteilung von Schiffahrtsfragen auf dem Rhein zu verallgemeinern.

Besonderes Interesse für die hier erörterten Fragen bewies der belgische Delegierte Fontaine, der der Meinung war, daß durch Versuche in Kraftkanälen eine Klärung der tatsächlichen Verhältnisse erwartet werden dürfe. Ich vertrat dagegen die Ansicht, daß derartige Versuche zu kostspielig und schließlich doch nicht entscheidend sein könnten, weil bei den Versuchen in der Natur Faktoren mitwirken (Strömungsstörungen, Wind, Einfluß des Steuers usw.), die das Bild trüben und schließlich zu unzuverlässigen Ergebnissen führen. Dem Modellversuch in Wasserbaulaboratorien haften diese Mängel nicht an, sie gestatten manche Veränderungen der Versuchsbedingungen, die beim Versuch in der Natur, wenn überhaupt, so doch nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten durchführbar sind. Aus diesem Grunde bin ich der Ansicht, daß dem Modellversuch der Vorzug zu geben sei.

Zu der Frage der Schlepper für die Binnenschiffahrt, deren Antriebmittel und -maschinen, lagen wertvolle Beiträge vor. Zilcher (Deutschland) weist in seinem Bericht auf den Wettbewerb zwischen Kolbenmaschine und Turbine hin, bei der eine Steigerung bis zu 50 vH über die normale Leistung ohne Einbuße der Wirtschaftlichkeit möglich ist. Während mit Tunnelschraubenbooten wegen des mangelhaften Wirkungsgrades der Schrauben im Tunnel und der Empfindlichkeit gegenüber Schwankungen im Tiefgang keine besonders guten Erfahrungen gemacht worden sind, ist Zilcher der Ansicht, daß der Entwicklung von Vierschraubenschleppern die Zukunft gehört.

Gebers (Österreich) berichtet über Modellversuche mit teilweise tauchenden Schiffspropellern. Obwohl das Anwendungsgebiet beschränkt ist, stellt Gebers den teilweise tauchenden Propellern für Schlepper auf ruhigem und auch auf flachem Wasser und vor allem für schnelle Fahrgastschiffe auf Flüssen günstige Entwicklungsmöglichkeiten in Aussicht.

Ostertag (Schweiz) weist auf die Überlegenheit der Kolbendampfmaschine gegenüber der Turbine hinsichtlich des Dampfverbrauches bei Leistungen unter 1500 PS hin. Die Frage, ob Zweitakt oder Viertakt bei Dieselmotoren vorzuziehen sei, ist, in der Schweiz wenigstens, schon vor mehr als zehn Jahren zugunsten des Zweitaktes entschieden worden.

Seitdem sich die Chezy-Eytelweinsche Geschwindigkeitsformel

$$v = c\sqrt{r\,i}$$

(v = mittlere Geschwindigkeit, c ein Beiwert, r = mittlerer Profilhalbmesser, i = relatives Gefälle) im Wasserbau eingebürgert hat, sind die Hydrauliker in allen Ländern bemüht, die Beziehungen zwischen Geschwindigkeit, Querschnitt, Gefäll und Beschaffenheit der Wandungen zu klären. Der Ansicht Dubuats, daß durch eine an der Wandung haftende Flüssigkeitsschicht der Einfluß der Unebenheiten der Wandungen ausgeschaltet wird, traten die Hydrauliker entgegen, die wie Bazin und Darcy, Ganguillet und Kutter, für den Beiwert c auf Grund von Versuchen je nach der Wandrauhigkeit verschiedene Werte ermittelt haben. Andre Hydrauliker befaßten sich mit der Frage, ob die Annahme, daß das Produkt $r\,i$ dem Quadrat der Geschwindigkeit wirklich verhältnisgleich sei, aufrechterhalten werden könne. Die Arbeiten Reynolds' haben ein neues Argument, die Zähigkeit oder Viskosität, zur Erörterung gestellt.

Mit diesen noch keineswegs restlos geklärten Aufgaben befaßten sich zwei Berichte. In seinem Bericht über Flußstauhaltungen im Dienste der Wasserkraftnutzung und der Binnenschiffahrt wies Strickler darauf hin, daß sich in der Schweiz, namentlich bei Staurechnungen, die von ihm aufgestellte Formel

$$v = c\,r^{2/3}\,i^{1/2}$$

weitgehend eingebürgert habe. Parry, England, empfiehlt in seinem Bericht, an Stelle aller für den Beiwert c bisher angewandten Formeln eine Schar von versuchsmäßig ermittelten Kurven zu benutzen, denen als Abszissen die Logarithmen der Reynoldsschen Zahl $\frac{v\,d}{\nu}$ (d = Rohrdurchmesser) und als Ordinaten die Werte $\frac{r\,i\,g}{v^2}$ zu Grunde gelegt sind.

Wenn in der Aussprache gewisse Bedenken geltend gemacht wurden, als allgemein gültiges Gesetz den Beiwert *c* allein als Funktion des hydraulischen Halbmessers aufzufassen, so ist die hier angeschnittene Frage von so großem Umfange, daß sie auf einem Kongreß mit so reichlich besetzter Tagesordnung nicht genügend geklärt werden konnte. Der Vorschlag, die Weltkraftkonferenz möge einen hierfür eingesetzten wissenschaftlichen Ausschuß mit der Verarbeitung der in allen Ländern hierüber gesammelten Erfahrungen und wissenschaftlichen Forschungsergebnisse betrauen, fand daher allseitige Zustimmung.

Zu einer Besprechung der sonst noch vorliegenden Berichte von Kitola, Lettland, über die Berechnung von Floßgassen, von Krogstad, Norwegen, über den Bau der Kraft- und Schleusenanlage der Gemeinde Frederikshald bei Brekkefoss, von Crover und Hoyt, Vereinigte Staaten von Amerika, über die Erforschung der Gewässer in den Vereinigten Staaten, von Cooper, Vereinigte Staaten von Amerika, über Wasserkraft und Binnenschiffahrt in den Vereinigten Staaten, und von Yokota, Japan, über ein in Ostasien häufig verwendetes Antrieb- und Steuerorgan „Ro“ reichte die Zeit nicht mehr aus.

Im allgemeinen müssen die zur Weltkraftkonferenz eingereichten Berichte als wertvolle Beiträge zur Förderung der Wissenschaft angesehen werden. Ihr Wert wäre freilich sehr wesentlich gesteigert worden, wenn Zeit und regere Neigung zu einer eingehenden Erörterung der zahlreichen angeschnittenen Fragen vorhanden gewesen wären.

Die Verhandlungen über die in der Gruppe A erstatteten Berichte zeigten eine lebhafte Beteiligung, namentlich auf Seite der deutschen Kongreßteilnehmer. Die Kongreßleitung hatte dem Umstande, daß von den fünf Gruppen, denen die Aufgaben der Weltkraftkonferenz Basel zugeteilt waren, auf die Gruppe A die größte Anzahl der eingegangenen Berichte entfielen, Rechnung getragen, indem die größte Anzahl der Sitzungen der Gruppe A zugedacht war; trotzdem reichte die Zeit zu einer ersprießlichen Aussprache nicht aus, weil die Aufgabe zu umfangreich war.

Die Zusammenfassung aller eingegangenen Berichte durch Generalberichterstatter hat sich durchaus bewährt, aber es dürfte sich in Zukunft empfehlen, eine wesentliche Einschränkung der Verhandlungsgegenstände eintreten zu lassen, um mehr Raum für den so wertvollen Austausch der Meinungen zu gewinnen. [N 2482]

Vorschriften für die Prüfung von Handelswagen (Gewichtswagen)

Die Abteilung I für Maß und Gewicht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt hat als Instruktion VI mit der Überschrift „Waagen — Ausführungsbestimmungen zu den §§ 87 bis 111 der Eichordnung — 1. Teil. Allgemeine Bestimmungen. Gleicharmige Balkenwaagen. Tafelwaagen.“ Vorschriften veröffentlicht[1]), die die Eichbeamten bei der Prüfung der sogenannten Handelswagen vom 1. Januar 1927 ab beachten müssen, die aber auch als Vorschriften für die Hersteller gelten.

Es handelt sich hier um ein etwas abseits liegendes Sondergebiet. In den „Allgemeinen Bestimmungen“ ist indessen ein Gerät zum Prüfen von Kranwagen abgebildet und eingehend beschrieben, das von allgemeinerer Bedeutung ist, und zwar eine

Vorrichtung zum Herstellen großer Belastungen.

Diese wird angewendet, wenn für die Prüfung von Kranwagen, die mit Wiegefähigkeiten bis zu 250 t vorkommen, die nötige Zahl großer Belastungsgewichte nicht verfügbar ist.

Das geschilderte Gerät ist nun auch ohne weiteres zur Herstellung großer Belastungen für andre Zwecke geeignet, wie sie häufig auch im Maschinenbau, z. B. bei der Prüfung von Hebezeugen, gebraucht werden. Die Einrichtung, ihre Prüfung und Anwendung sei daher kurz beschrieben:

Abb. 1 läßt die Einrichtung des Prüfstandes erkennen. An einem entsprechend starken schmiedeisernen Rahmen sind eine Hebelwage *a* und eine Winde *b* angebaut, mit denen die erforderliche Belastung hergestellt wird. Zwischen die Winde und die oben angeordnete Wage wird die Kranwage *c* eingeschaltet. Zum Prüfen der Wage *a* kann an das Lastgehänge *d* über der Kranwage noch ein gleicharmiger Lastträger *f* eingehängt werden. An seinen beiden Enden, senkrecht zur Bildebene, hängen Lastschalen, die zur Aufnahme der Normalgewichte bestimmt sind. Sie bilden nur einen kleinen Teil der Höchstlast, mit der die Hebelwage *a* geprüft werden soll. Der allergrößte Teil der Last wird durch den Zug der Winde *b* hergestellt. Würde man die Last unmittelbar auf die Lastschneide *d* wirken lassen, so würden die Hebel der Wage *a* nicht schwingen. Man wendet deshalb das Mittel an, irgendeine Kranwage, deren Wiegefähigkeit ausreicht, am besten die zu prüfende erste Kranwage, zwischen Winde und Schalenträger einzuschalten.

[1]) Berlin 1926. Verlag Deutsches Reichsgesetzbuch für Industrie, Handel und Gewerbe; 46 S. mit 27 Abb. Preis 2 *M*.

a Hebelwage
b Winde
c zu prüfende Kranwage
d Lastgehänge
f Schalenträger für Normallast

Abb. 1
Gerät zum Prüfen von Kranwagen, brauchbar als Vorrichtung zum Herstellen großer Belastungen

Zum Prüfen und zur Beglaubigung der Wage *a* benutzt man das sogenannte Staffelverfahren: Zunächst wird die Winde angezogen und die Kranwage *c* durch Verschieben ihres kleinen Laufgewichtes in die Einspiellage versetzt; danach bringt man den Hebelmechanismus *a* durch entsprechend kleine Zusatzgewichte ebenfalls zum Einspielen. Sodann werden auf die oben erwähnten Lastschalen des gleicharmigen Trägers *f* als Vergleichslast Normalgewichte oder auf ihre Richtigkeit untersuchte Gewichtgruppen, die mindestens den zehnten Teil der Gesamtlast erreichen sollen, aufgesetzt. Man gleicht nunmehr durch Anziehen der Winde die sich bei dieser Belastung ergebende Änderung der Ruhelage der Kranwage aus, die infolge der Verformungen des Gestelles und der Zwischenglieder eingetreten sind, und stellt jetzt durch Zusatzgewichte auf der Gewichtschale den der aufgebrachten Belastung in Höhe des zehnten Teiles entsprechenden Hebelfehler fest. Der ermittelte Fehler ist der Fehler der ersten Belastungsstaffel, kurz „erster Staffelfehler“ genannt. Die Normallast wird abgehoben, das Laufgewicht der Kranwage entsprechend der abgehobenen Normallast vorgerückt, die Winde angezogen, bis die Kranwage einspielt, und nun wird wie von einem neuen Nullpunkt aus mit der zweiten Staffel begonnen, also die Vergleichlast aufgebracht und für diese wieder der Staffelfehler festgestellt.

Das Verfahren der wiederholten Ermittlung des Staffelfehlers für die gleiche Normallast bei schrittweise steigender Vorbeanspruchung der Hebelwage *a* durch die Winde wird bis zum Erreichen der Höchstlast fortgesetzt. Die Summe der einzelnen Staffelfehler ist gleich dem Fehler des Hebels *a* für die Höchstlast. Liegt der ermittelte Fehler innerhalb $^1/_{5000}$ der Belastung, so darf der Hebelapparat an Stelle von Normallast für die Eichung von Kranwagen benutzt werden. Die Anwendung des Staffelverfahrens ist an dem Beispiel eines Hebelgerätes zur Herstellung von Belastungen bis zu 60 000 kg auf S. 24 der Instruktion VI dargestellt.

Für die Eichung von Kranwagen ist der Lastträger *f* nicht erforderlich. Man stellt die Laufgewichte der Kranwage auf die Einteilungsmarken ein, die derjenigen Belastung entsprechen, der die Kranwage ausgesetzt werden soll, stellt ferner den hundertsten Teil der angezeigten Last in Normalgewichten auf die Gewichtschale der Zentesimalwage *a* und zieht sodann die Winde an, bis die Kranwage einspielt. Danach stellt man fest, welche Zulage noch auf der Gewichtschale erforderlich ist, um das Einspielen des Zeigerhebels herbeizuführen. Die hundertfache Zulage ist dann der Fehler der Kranwage. [M 2465] E. D.

RUNDSCHAU

Dampfkraftanlagen

Eigenart der Braunkohlen-Staubfeuerung

Während die Steinkohlen-Staubfeuerung namentlich in Amerika seit Jahren eingeführt und in der Praxis erprobt ist, waren für Braunkohlenstaub bisher keine praktischen Erfahrungen vorhanden. Im Auftrage des Reichskohlenrates und des Braunkohlen-Industrie-Vereines durchgeführte Versuche, die in den Jahren 1925 und 1926 stattfanden, haben nunmehr eine Grundlage für die Einführung der Braunkohlen-Staubfeuerungen in die Praxis geschaffen[1]).

Die Kohlenstaubfeuerung kann man allgemein als die Feuerung für Kessel großer Leistungen ansprechen. Für Kessel von mehr als 1000 m² Heizfläche kommen meist Rostfeuerungen nicht mehr in Betracht. Die wichtigste Aufgabe bei den Untersuchungen bestand also darin, die Forderung großer Leistungen in Einklang zu bringen mit der technischen und wirtschaftlichen Organisation der Stauberzeugung. Als Verbraucher für Braunkohlenstaub kommen in erster Linie die Brikettfabriken, die mit ihnen verbundenen Kraftwerke, die selbständigen Kraftwerke und andre Industrien unmittelbar auf der Braunkohle oder innerhalb des für Rohbraunkohle gültigen Wirkungsbereiches in Betracht.

Im Gegensatz zur Steinkohle ist für die Braunkohle die Trocknung Voraussetzung und unerläßliche Bedingung. Mit abnehmender Feuchtigkeit steigt die Mühlenleistung und sinkt der Arbeitsbedarf; außerdem erhöht sich durch weitgehende Trocknung die Verbrennungstemperatur des Staubes, der Wärmeübergang wird besser und der Abgasverlust geringer; und endlich sinkt auch die Fördermenge für gleichen Wärmeinhalt. Ein Nachteil des sehr scharf getrockneten Braunkohlenstaubes ist die Gefahr der Selbstentzündung, namentlich bei der Bunkerung. Dagegen ist die oft gegen eine scharfe Trocknung ins Feld geführte hygroskopische Wasseraufnahme nach den neuesten Untersuchungen[2]) kein Hinderungsgrund.

Der wirtschaftlichste Trockengrad hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. In Preßkohlenfabriken muß man mit Rücksicht auf die übliche Trocknung der Preßlingskohlen 10 bis 15 vH Feuchtigkeit auch bei den Mahlkohlen zulassen; in selbständigen Kraftwerken und andern Industrien kann man dagegen erheblich schärfer trocknen. Auch das Trockenverfahren hängt von der Art des Betriebes ab, in dem der Braunkohlenstaub erzeugt wird. In Preßkohlenfabriken und damit verbundenen Kraftwerken wird in den meisten Fällen die Dampftrocknung am wirtschaftlichsten sein, da man auf diese Weise große Mengen billiger Überschußenergien gewinnen kann. In selbständigen Kraftwerken und andern Industrien dagegen kann die Abgastrocknung und die Mahltrocknung unter Umständen günstiger sein, namentlich dann, wenn man Überschußenergie nicht verwenden kann; es ist auch zu berücksichtigen, daß die Dampftrocknung in der Anlage sich bedeutend teurer stellt als die andern Verfahren. Die selbständige Feuergastrocknung ist im Betrieb am teuersten und kommt wohl nur für Sonderfälle in Betracht.

[1]) Vergl. Rosin, „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" Bd. 7 (1926) S. 241 u. f.

[2]) Vergl. Rammler, „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" Bd. 7 (1926) S. 159.

Abb. 1
Zusammenhang zwischen Mahlfeinheit, Arbeitsbedarf und Leistung (Leistung bei 15,5 vH Rückstand auf Sieb 4900 = 100 vH)
a Leistung *b* Arbeitsbedarf

Abb. 2
Zusammenhang zwischen der zulässigen größten Kantenlänge der Körner und dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen für Staubkohlen verschiedener Brennzeit

Zweck der Vermahlung ist möglichst feine Auflösung des Brennstoffes. Die Feinheit muß so groß sein, daß auch das gröbste Korn auf dem zur Verfügung stehenden Wege vollständig ausbrennt. Wenn dagegen die Braunkohle zu fein gemahlen wird, so neigen die Teilchen zum Zusammenbacken in der Brennkammer; auch ist zu befürchten, daß die Ablenkung durch den Kesselzug sie in den Schornstein hineinreißt, ehe sie vollständig ausgebrannt sind, und endlich werden die Kosten sehr hoch, da mit zunehmender Feinheit der Arbeitsbedarf der Mühlen stark ansteigt, die Leistung dagegen sich verringert, Abb. 1.

Die Brennzeit von Staubkörnern gleicher Größe hängt vor allem von dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen ab. Je gasärmer eine Kohle ist, um so länger ist die Brennzeit, um so größer müssen die Feuerräume und um so höher muß die Mahlfeinheit sein. In Abb. 2 sind die Beziehungen zwischen der zulässigen größten Kantenlänge und dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen aufgezeichnet. Daraus läßt sich für jede Kohle bei bekanntem Gasgehalt und gegebener Brennzeit die höchst zulässige Kantenlänge ermitteln. Die Feinheit des Staubes sollte man möglichst nicht, wie bisher üblich, nach dem 4900er Maschen-Sieb[3]), sondern nach 900er-, allenfalls noch dem 160er Maschensieb beurteilen, da die Staubkennlinien verschiedene Steigung haben können, so daß gleiche Rückstände mehrerer Staubsorten auf dem 4900er Maschen-Sieb ganz verschiedene Rückstände auf dem 900er Maschen-Sieb entsprechen können. Als Verlust ist aber nur der Rückstand auf dem 900er Maschen-Sieb zu buchen; dieser sollte 1 bis 1,5 vH möglichst nicht überschreiten.

Ob sich der Braunkohlen-Schwelkoks zur Vermahlung eignet, konnte man bisher noch nicht eindeutig feststellen. Technische Schwierigkeiten bestehen nicht, dagegen erscheint die Wirtschaftlichkeit zweifelhaft, da der Kraftbedarf wesentlich höher, die Mühlenleistung aber bedeutend geringer ist als bei der Vermahlung von Rohbraunkohle.

Die Vermahlung wird um so billiger, je geringer die Feuchtigkeit der Rohkohle ist, je gröber der zu erzeugende Staub sein darf, je größere Mühlen verwendet und je höher

[3]) d. h. 4900 Maschen auf 1 cm².

sie belastet werden. Im Kraftwerk Böhlen kommen die bisher größten Mühlen zur Aufstellung, mit einer Leistung von 15 bis 20 t/h. Der Arbeitsbedarf beträgt einschließlich aller Hilfsgeräte 15 bis 20 kWh/t. Trocknung, Vermahlung, Förderung und Verbrennung erfordern hier höchstens 2 vH der Stromerzeugung.

Als technische Fördermittel kommen für kurze Entfernungen Schnecken, für mittlere die Druckförderung, für große Sonderwagen in Frage. Bis zu 100 m Länge haben sich Schnecken mit geringer Steigung gut bewährt, während sich die fast allgemein gebräuchliche Speiseschnecke, die bei Steinkohlenstaub befriedigend arbeitet, für Braunkohlenstaub als unzweckmäßig erwiesen hat, vor allem deshalb, weil der Staub sich mit Luft zusammen ganz ähnlich wie eine Flüssigkeit verhält, durch die Gänge kurzer Speiseschnecken wie Wasser hindurchfließt und leicht zur Überschüttung der Feuerräume führen kann. Gut bewährt hat sich die Druckförderung mittels Pumpe oder Drucktopf; allerdings sind die Pumpen gegen Feuchtigkeit und vor allem gegen Fremdkörper sehr empfindlich. Die Förderung in Sonderwagen ist bisher weder technisch noch wirtschaftlich einwandfrei gelöst; die Entleerung dauert zu lange, die Gefahr der Selbstentzündung ist ziemlich groß, und die Frachtkosten werden durch die Wagenrückfahrt sehr hoch.

Bei der Bunkerung und der Entleerung der Bunker treten außer dem bereits erwähnten „Schießen" des Braunkohlenstaubes in Speiseschnecken noch andere Schwierigkeiten auf, vor allem die Trichter- und Brückenbildung. Man hat versucht, den Staub durch mechanisch angetriebene Vorrichtungen oder durch Einblasen von Druckluft aufzulockern; es ist jedoch bisher nicht gelungen, die Trichter- und Brückenbildungen vollkommen zu verhindern.

Für die Verbrennung eignet sich Braunkohlenstaub in mancher Hinsicht noch besser als Steinkohlenstaub. Zunächst beträgt die günstigste Gleichgewichtstemperatur, d. h. diejenige Temperatur, bei der geringer Luftüberschuß, kurze Brennzeit und hoher Wärmeübergang verbunden sind mit möglichst geringen Wärmeverlusten und tiefen Temperaturen der Feuerraumflächen, bei Braunkohlenstaub nur rd. 1100 °, während sie z. B. für westfälische Fettkohle 1250 °, für gasarme Steinkohlen und Koks 1300 bis 1400 ° beträgt. Die tiefe Gleichgewichtstemperatur des Braunkohlenstaubes ist deshalb so günstig, weil man die Wände der Brennkammer vollständig mit Kühlflächen umgeben und so die Strahlungswärme fast vollständig ausnutzen kann, ohne befürchten zu müssen, daß die Feuerraumtemperaturen zu sehr sinken.

Abb. 3
Feuerraumtemperaturen und Luftvorwärmung in Abhängigkeit von der Kesselheizfläche

a Theoretische Grenztemperatur
b theoretische Höchsttemperatur bei 25 vH Luftüberschuß
c erforderliche Luftvorwärmung bei theoretischem Luftbedarf
d erforderliche Luftvorwärmung bei 25 vH Luftüberschuß

Wie Abb. 3 zeigt, sind bei allseitiger Kühlung des Feuerraums und 100 000 kcal/m²h Wärmeübergang für einen Kessel von 1500 m² Heizfläche noch 385 °, für 2000 m² Heizfläche 250 ° Luftvorwärmung notwendig, um eine Temperatur von 1100 °C zu erreichen. Bei Steinkohlenstaub würde für Kessel dieser Größe eine allseitige Kühlung der Brennkammern gar nicht mehr möglich sein, da sonst Lufttemperaturen notwendig wären, die sich praktisch nicht erreichen lassen. Ein andrer Vorteil der niedrigen Gleichgewichtstemperatur besteht darin, daß bei Temperaturen von 1100 bis 1200 °C die Aschen der meisten deutschen Braunkohlen nicht mehr schmelzen; die schädlichen Krustenbildungen geschmolzener Schlacke werden also vermieden, und die nicht geschmolzene Asche setzt sich als leicht entfernbare Sinterung an.

Ein weiterer Vorzug des Braunkohlenstaubes ist sein hoher Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, der eine schnelle und einfache Zündung ermöglicht. Voraussetzung ist aber, wie übrigens bei allen Kohlenstaubfeuerungen, eine gute Durchwirbelung von Staub und Luft, die durch weitgehende Unterteilung erreicht wird. Es müssen also beim Anzünden eines kalten Kessels und auch bei geringen Kesselbelastungen möglichst zahlreiche Brenner arbeiten und diese mit einer ausgedehnten Regelvorrichtung ausgestattet sein; erst wenn die Regelfähigkeit völlig nach unten erschöpft ist, darf man die Anzahl der im Betrieb befindlichen Brenner verringern.

Die mit dem Staub gemischt zugeführte Verbrennungsluft soll gerade ausreichen, um die flüchtigen Bestandteile zu verbrennen; je nach Art und Beschaffenheit des Kohlenstaubes ist also die auf 1 kg entfallende Mischluft verschieden. Die in der Brennkammer zugeführte Zusatzluft dagegen soll vor allem zur Verbrennung der festen Bestandteile des Staubes dienen. Um aber eine Trennung der verbrennenden Gase von den schweren Staubteilchen zu verhindern, ist eine straffe Führung der Flamme notwendig, die Gas und Staub zwingt, den größten Teil des Weges im Feuerraum gemeinsam zurückzulegen. Zu diesem Zweck ist der Mischluft eine ausreichende Eintrittsgeschwindigkeit zu geben.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß zwar bei der Aufbereitung, Förderung, Lagerung und Verbrennung von Braunkohlenstaub noch längst nicht alle wichtigen Fragen eine einwandfreie und befriedigende Lösung gefunden haben; zweifellos aber hat man in den letzten Jahren wesentliche Fortschritte erreicht. Die zunehmende Bedeutung der Braunkohlenstaubfeuerung prägt sich schon darin aus, daß ein großer Teil der augenblicklich im Bau befindlichen Großkesselanlagen mit Braunkohlenstaub befeuert werden sollen, darunter der größte bisher in Deutschland gebaute Kessel, ein 2000 m²-Babcock-Kessel mit Lopulco-Feuerung der Kohlenscheidungs-Gesellschaft, der demnächst im Kraftwerk Böhlen in Betrieb kommen wird.

[M 2294] E. Praetorius

Metallbearbeitung

Fehler beim Härten von Schnelldrehstahl

Die Härtetemperatur von Schnelldrehstahl liegt dicht unterhalb der Temperatur des beginnenden Schmelzens[1]). Kein andrer unsrer heute bekannten Stähle verlangt zu seiner Behandlung solche hohen Temperaturen; die Schwierigkeiten beim Härten von Werkzeugen aus Schnellarbeitsstählen sind größtenteils auf diesen Umstand zurückzuführen. Ein besonderer Fall von Fehlhärtung und deren Ursache soll näher beschrieben werden, weil dieser Fehler immer wieder gemacht wird und bei der nötigen Vorsicht leicht zu vermeiden ist.

Bei Zuführung von Sauerstoff zu flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen verbrennt zuerst der Kohlenstoff und schützt das Eisen vor Oxydation. Ähnlich wie in der flüssigen Lösung verhält sich der Kohlenstoff, wenn er im erstarrten Eisen in fester Lösung vorliegt. Kommt glühendes, kohlenstoffhaltiges Eisen oder Stahl mit Luft in Berührung, so verbrennt zunächst der Kohlenstoff und schützt das Stück vor Oxydation, vorausgesetzt, daß die Diffusionsgeschwindigkeit des Kohlenstoffs größer ist als die Oxydationsgeschwindigkeit. Hierdurch wird die Oberfläche des betreffenden Stahlstückes kohlenstoffärmer und nimmt beim Abschrecken nur ungenügende Härte an. Diese Erscheinung wird natürlich bei Schnelldrehstahl infolge der hohen Härtetemperatur besonders leicht eintreten, falls man bei der Erwärmung den Stahl nicht vor dem Zutritt von Luftsauerstoff oder sonstigen Oxydationsmitteln schützt. Eine solche ungenügende Härteschicht muß bei genau geschliffenen Werkzeugen wie Spiralbohrern, Fräsern usw. unbedingt vermieden werden, da die Leistung des Werkzeuges stark vermindert und die Verwendung oft überhaupt

[1]) Vergl. S. 245 dieses Heftes.

Abb. 4
Werkzeug mit abgeplatzter äußerer aufgekohlter Schicht

Abb. 5
Walzenfräser mit 1,05 vH C in der abgeplatzten Außenschicht

Abb. 6
Spiralbohrer, aufgekohlt und abgeplatzt

in Frage gestellt wird, wenn nicht eine restlose Beseitigung der weichen Schicht durch Abschleifen möglich ist.

Als Schutzmittel gegen Oxydation wird in der Praxis meistens schwach ausgebrannte Holzkohle verwendet. Man packt die zu härtenden Gegenstände in Kasten, füllt diese mit gekörnter schwach ausgebrannter Holzkohle und dichtet mit Lehm ab.

Hierbei tritt nun aber infolge der hohen Härtetemperatur sehr leicht der umgekehrte Fall ein: Die Außenzone des Werkzeugs wird nicht entkohlt, sondern aufgekohlt und zwar durch den Kohlenstoff oder die kohlenstoffhaltigen Gase, die bei der Verbrennung der Holzkohle entstehen. Die Folge ist dann meist ein Abplatzen der äußeren Schicht des Werkzeuges bei der Härtung, beim Schleifen oder bei Ingebrauchnahme. Abb. 4 zeigt den Querschliff eines solchen Werkzeuges; die aufgekohlte Schicht hat eine Tiefe von rd. 1 mm. Die ursprüngliche Zusammensetzung von 0,66 C, 18,59 W und 3,95 Cr war im Kern erhalten geblieben, während die Außenschicht einen C-Gehalt von 1,1 vH aufwies. Ebenso zeigt Abb. 5 einen abgeplatzten Walzenfräser, der in der Außenschicht 1,05 C enthielt. Abb. 6 läßt ebenfalls bei einem Bohrer die aufgekohlte und abgeplatzte Randzone deutlich erkennen.

Außer diesen Aufkohlungserscheinungen gibt es auch solche, die sich äußerlich ganz anders zeigen, deren Entstehungsursache jedoch die gleiche ist. Oft treten an Werkzeugen, die in Schutzkasten gehärtet wurden, Anfressungen und Wärzchen[1]) auf, die sich unregelmäßig an der Oberfläche verteilt in größeren Haufen oder einzeln zeigen. Ein Fräser und ein Spiralbohrer, die diese Übelstände aufweisen, sind in Abb. 7 und 8 wiedergegeben. Diese Wärzchen und Anfressungen weisen eine sehr hohe Härte auf. Man versuchte zuerst, diese Erscheinungen auf Ungleichmäßigkeiten im Stahl, flüchtige Bestandteile usw. zurückzuführen. In Wirklichkeit handelt es sich auch hier um eine Aufkohlung, die allerdings nur örtlicher Natur ist. Ein höherer Kohlenstoffgehalt wirkt schmelzpunkterniedrigend auf Stahl. Bei der dem Schmelzpunkt so naheliegenden Härtetemperatur des Schnelldrehstahls führt stellenweise auftretendes Aufkohlen zu Abschmelzungen. Diese Erscheinung tritt besonders leicht dann ein, wenn die betreffenden Stahlstücke mit der Holzkohle in unmittelbarer Berührung stehen, wobei an den Berührungsstellen die Anfressungen entstehen.

Ein besonders bemerkenswerter Fall stellte sich in einer Spiralbohrerfabrik ein, die ihre Werkzeuge zum großen Teil im Salzbad härtete; dabei entstanden zeitweise immer wieder Anschmelzungen, deren Ursache man sich nicht erklären konnte. Abb. 9 zeigt den Querschliff einer solchen Stelle. Von dem Schnellstahlgefüge hebt sich das Gefüge des Wärzchens deutlich ab. Bei der genaueren Prüfung ergab die chemische Untersuchung dieser Stellen: 4,2 C, 12,9 W, 2,5 Cr, ein roheisenähnliches Gebilde, dessen Schmelzpunkt bei rd. 1200 °C liegen dürfte. Der hohe C-Gehalt erklärte sich einwandfrei aus der Verwendung eines Graphittiegels als Salzbadtiegel. Durch Auswechseln des Tiegels wurde der Übelstand behoben.

Im allgemeinen lassen sich die geschilderten Fehler vermeiden, wenn man jede unmittelbare Berührung des zu härtenden Stückes mit dem kohlenstoffhaltigen Schutzmittel verhindert. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß man den Stahl zwischen Blech oder Asbest packt und das Schutzmittel nur unter den Deckel des Einpackkastens legt. Der Zutritt von frischer Luft wird verhindert, ohne daß eine stark aufkohlende Atmosphäre erzeugt wird. Ferner sollte auch möglichst dafür Sorge getragen werden, daß die zum Schutze beigegebene Holzkohle entsprechend vorgebrannt ist. [M 2282]

Abb. 9
Gefügebild eines Wärzchens, links normales Gefüge des Bohrers

Krefeld E. Houdremont und H. Kallen

[1]) E. H. Schulz, „Stahl und Eisen" Bd. 69 (1925) S. 235; Graefe, „Werkstattstechnik" Bd. 18 (1924) S. 687.

Abb. 7
Anfressungen an einem Fräser

Abb. 8
Spiralbohrer mit Wärzchen

Maschinenteile

Hydraulischer Regler

Mit der Entwicklung der Dampf- und Wasserturbinen it auch die Ausbildung der mittelbar wirkenden Regler als ichtiger Bestandteil dieser Maschinen Hand in Hand geangen. Das Anwendungsgebiet ist aber infolge der vorüglichen Eigenschaften dieser Regler in den letzten Jahren ark erweitert worden. Der Servomotor, wie die kurze Beichnung allgemein lautet, läßt sich mit gleichen Vorteilen eim Betrieb von Dampfspeichern, bei der Regelung des wischendampf-Entnahmedruckes an Dampfmaschinen, ferer für die Regelung der Rauchgasschieber ganzer Kesselatterien in Abhängigkeit vom Betriebsdruck anwenden, m nur einige Beispiele anzuführen.

Die Hauptwirkung des Servomotors besteht bekanntlich arin, daß ein beispielsweise die Steuerung einer Turbine ewegender Kolben mittels einer Druckflüssigkeit von einer Iilfssteuerung beherrscht wird, die wiederum unter dem Einfluß des Fliehkraftreglers steht. Ein wichtiges Glied abei ist die sogenannte Rückführung. Ohne diese würde er Regler pendeln, und zwar um so stärker, je häufiger ie Regelvorgänge aufeinander folgen. Mit der Rückführung läßt sich dieser Übelstand verhüten, dafür ist man ber gezwungen, in bezug auf die Gleichmäßigkeit der Umaufzahl der Kraftmaschine oder eines gleichbleibend zu halenden Druckes eine nicht immer erwünschte Ungenauigkeit nit in den Kauf zu nehmen, d. h. die Umlaufzahl oder der geregelte Druck werden innerhalb einer bestimmten Grenze m so niedriger sein, je stärker die Belastung ist, und umgekehrt. Diese Regelgrenze kann um so enger gewählt verden, je langsamer und weniger plötzlich die Zustandsinderungen vor sich gehen. Es zeigt sich, daß der Regler n der Mittelstellung weniger zum Pendeln neigt, wie in ler Nähe der beiden Endstellungen.

Bei dem in Abb. 10 bis 12 dargestellten hydraulischen Regler wird eine Rückführung angewendet, die folgende beiden Merkmale aufweist:

1. Einstellung der Regelgrenze auch während des Betriebes beliebig zwischen ± 0 bis ± 5, oder, wenn gewünscht, darüber hinaus.
2. Größere Wirksamkeit der Rückführung gegen die beiden Endstellungen hin gegenüber der Mittelstellung, infolgedessen Verengungsmöglichkeit der Regelgrenze auch bei stark schwankenden Betrieben.

Die Rückführung wird gebildet aus der den Hilfssteuerkolben umgebenden, mit Schlitzen versehenen, in Abb. 3 vergrößert dargestellten Hülse *a*, die durch den Hebel *b*, die Stange *c*, den Hebel *d*, die Stange *e* und den Hebel *f* mit der Kolbenstange des Arbeitskolbens zwangläufig verbunden ist. Wird der Hilfssteuerkolben von dem elastischen Kolben *g* infolge Drucksteigerung nach abwärts gedrückt, so tritt die Druckflüssigkeit über den Arbeitskolben, der dann ebenfalls nach abwärts bewegt wird. Dadurch wird aber auch die Rückführungshülse *a* so weit abwärts nachgezogen, bis die Ölkanäle der Hilfssteuerung abgedeckt sind. Jeder Stellung des elastischen Kolbens innerhalb der Regelgrenze entspricht also eine ganz bestimmte Stellung des Hilfssteuerkolbens, des Arbeitskolbens und der Rückführungshülse.

Nun ist aber die Stange *c* an ihrem unteren Ende bis in den Drehpunkt des Hebels *d* hinein verschiebbar angeordnet, so daß bei dieser Einstellung die Bewegung der Rückführungshülse und damit die Rückführung überhaupt aufgehoben ist. Man ist also in der Lage, während des Betriebes die Regelgrenze von null bis zu einem Höchstwert beliebig zu verändern, oder auf Wunsch mit der Feinheit der Regelung bis dicht an die Grenze des Pendelns heranzugehen.

Der Hebel *f* ist einerseits mit der Kolbenstange gelenkig verbunden und anderseits in der drehbaren Hülse *h* geführt. Die Stange *e* ist bei *i* mit dem Hebel *f* gelenkig verbunden, und da dieser Punkt in der Mittelstellung des Reglers im Drehpunkt der Hülse *h* liegt, so ist auch in dieser Mittelstellung die Wirksamkeit der Rückführung aufgehoben. Es ist sehr leicht, die Bewegung des Punktes *i* und damit der Rückführungshülse zu erkennen; der Punkt *i* beschreibt von der Mittelstellung schräg nach oben und nach unten zwei gekrümmte, in Abb. 10 gestrichelte, symmetrische Linien, mit dem Ergebnis, daß die Geschwindigkeit der Rückführungshülse nach den beiden Endstellungen zu bei gleichbleibender Kolbengeschwindigkeit rasch zunimmt und damit das in den Endstellungen viel leichter auftretende Pendeln wirksamer verhütet.

Eine dritte Neuerung stellt der elastische Kolben *g* dar. Er ist aus 0,1 mm dickem Messingrohr hergestellt und durch Stützringe versteift. Bei dieser Wanddicke erträgt der

Abb. 10 bis 12
Hydraulischer Regler mit eigenartiger Rückführung

a Hülse
b bis *f* Hebel und Stangen zur zwangläufigen Verbindung von *a* mit der Kolbenstange des Arbeitskolbens
g elastischer Kolben
h drehbare Hülse zur Führung von *f*
i Gelenkpunkt
k Feder zum Abschwächen der Wirkung von *g*
l Zahnradpumpe
m Ueberdruckventil
n Absperrung des Druckölzuflusses
o Absperrhahn der Druckleitung nach *g*
p Hebel zum Regelorgan

Abb. 12
Rückführungshülse

Kolben Drücke von außen bis zu 16 at; er zeichnet sich durch hohe Elastizität aus. Da im Gegensatz zum geführten Kolben jede Reibung wegfällt, so ist die Empfindlichkeit und damit die Feinheit der Regelung beträchtlich. Für niedrige Drücke werden flache Membranen an Stelle der elastischen Kolben verwendet.

Die übrigen Einzelheiten der Konstruktion gehen aus Abb. 11 und 12 hervor. Die Feder *k* wirkt dem elastischen Kolben entgegen und kann gespannt werden. Die Säule ist in zwei Kammern unterteilt; die untere, für Drucköl bestimmt, steht unter 3 bis 4 at Überdruck, die obere nimmt als Sammelgefäß das aus dem Zylinder abfließende Drucköl auf, das sodann mittels der Zahnradpumpe *l* wieder in die Druckölkammer befördert wird. Das Überdruckventil *m* liegt zwischen den beiden Kammern. Manometer und Ölstandglas ermöglichen die Prüfung des Ölumlaufes, *n* ist der Absperrhahn für den Druckölzufluß, *o* für die Druckleitung nach dem elastischen Kolben. Der Hebel *p* schließlich bewegt das in der Zeichnung nicht dargestellte Regelorgan.

Berlin [M 2293] R. Bosselmann

Elektrische Bahnen

Motoren ohne Tatzenlager für elektrische Triebwagen

Bei der einfachsten Form des elektrischen Einzelachsantriebes, dem Tatzenlagermotor, der zur Hälfte am Wagenuntergestell oder im Drehgestellrahmen gelagert ist, und sich mit der anderen auf die Treibachse mit Tatzenlagern stützt, ruht das halbe Motorgewicht ungefedert auf der Treibachse und vergrößert deren Masse und damit die Einwirkung auf Gleis und rückwirkend auf Untergestell und Wagenkasten. Mit der stetigen Erhöhung der Motorleistung sind die dieser Anordnung grundsätzlich anhaftenden Mängel ebenfalls gewachsen. Trotzdem bildete sie infolge ihrer baulichen Einfachheit und Betriebsicherheit die im Triebwagenbau bei Straßen- und Vollbahnen sowie leichten elektrischen Lokomotiven nahezu ausschließlich angewandte Bauart.

Die Tatzenlager sind dabei wiederum fast ausschließlich als Gleitlager ausgebildet worden, teils wegen des niedrigeren Preises gegenüber dem Wälzlager, teils wegen der beschränkten Raumverhältnisse, insbesondere jedoch, weil ein Gleitlager sich für den Stromübergang wesentlich günstiger stellt als ein Wälzlager, und das Tatzenlager ja den ganzen Motorstrom zur Achse und den Schienen überleiten muß. Wenn Kugel- oder Rollenlager benutzt werden, so muß man gleichzeitig eine besondere getrennte Stromumleitung verwenden, weil Kugel- und Rollenlager durch den Stromübergang zerstört werden. Nachteilig beim Gleitlager ist, daß seine Abnutzung den Eingriff der Zahnräder verschlechtert und zu deren vorzeitiger Abnutzung führt, wohingegen ein Wälzlager während seiner ganzen Lebensdauer keinerlei Abnutzung von solcher Größe erleidet, daß der Eingriff der Zahnräder dadurch meßbar verschlechtert wird.

Die Motoraufhängung ohne Tatzenlager, Bauart Albert, Abb. 13 und 14, vermeidet diese Nachteile der Tatzenlageraufhängung. Der Motor wird vollständig im Untergestell oder Drehgestell gefedert aufgehängt, stützt sich also nicht mehr mit einem Teile seines Gewichtes auf die Achse. Die Achslager erhalten angegossene Lenker, die um die Bolzen *a*, Abb. 13 und 14, schwingen, deren Achse in der Verlängerung der Motorachse liegt. Der Zahnradeingriff wird auf diese Weise in allen Stellungen der Achse vollkommen erhalten. Werkstattstechnisch schwierig ist freilich die Herstellung einer genauen Übereinstimmung zwischen der Motorachse und Bolzenachse. Der Zahnradschutzkasten muß gleichzeitig so ausgebildet werden, daß er die durch eine einseitige Federung der Achse gegenüber der Motorwelle bedingte Schrägstellung zuläßt. Die als Folge hiervon eintretende Schrägstellung von Ritzel und großem Zahnrad hat sich nach den bisher vorliegenden Erfahrungen, die sich freilich auf Straßenbahn-Triebwagen beschränken, praktisch nicht als bedenklich erwiesen. Immerhin muß diese grundsätzliche Folge der Aufhängung ohne Tatzenlager beachtet werden, wenn sie für schwierigere Betriebsverhältnisse durchgebildet wird.

Abb. 13 und **14**
Motoraufhängung ohne Tatzenlager, Bauart Albert
Der Drehpunkt *a*—*a* des Achslagerlenkers liegt in der Verlängerung der Motorachse

Die wesentlichen Vorzüge sind der Fortfall des Tatzenlagers mit seinem Öl- und Kraftverbrauch und seiner Unterhaltung, die Verminderung des toten Gewichtes, die Schonung des Motors dadurch, daß er vollkommen federnd aufgehängt wird, der ruhigere Lauf der Wagen. Vorhandene Wagen können durch Auswechseln der Achsbüchsen gegen solche mit den erwähnten Lenkern, Einbau der dafür erforderlichen Bolzen, Öffnung des Tatzenlagers und Aufhängen des Motors mit Hilfsträgern am Untergestell oder Drehgestellrahmen umgebaut werden. Da die Achsen in wagerechter Richtung durch die Lenker fest geführt sind, kann einseitig gebremst werden.

Dies gestattet dann die Entwicklung neuer Drehgestellbauarten, bei denen die Kopfständer fortfallen und der Rahmen bereits über der Achse aufhört. Dadurch aber wird eine große Gewichtersparnis erzielt. [M 2560]

Berlin Günther

Kleine Mitteilungen

Die Regulierung des Bodensees

Das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft hat vor kurzem auf Veranlassung des schweizerischen Bundesrates den Entwurf für die Regulierung des Bodensees, die in den Plan für den Ausbau des Rheines zwischen dem Bodensee und Basel einbezogen worden ist, veröffentlicht. Nach diesem Entwurf wird das Abflußvermögen vom Obersee zum Untersee durch Baggerung einer 100 m breiten Rinne oberhalb der Konstanzer Brücke und durch Erweiterung und Abkürzung der Rheinrinne im Untersee von Gottlieben bis Ermatingen verbessert. Vom Seeausfluß bis Schupfen soll die Sohle tiefer gelegt werden, wodurch man das Abflußvermögen des Untersees vergrößern will. Mit weiteren Baggerungen flußabwärts wird die gesamte Aushubmenge 3 Mill. m³ betragen. Bei Hemishofen wird ein Stauwehr mit einer Schiffsschleuse eingebaut.

Mit der Ausführung dieses Entwurfes soll die Überschwemmungsgefahr beseitigt, die Leistungsfähigkeit der Kraftwerke am Oberrhein erhöht und die Flußschiffahrt gefördert werden. Die Kosten der Bodenseeregulierung werden insgesamt 15,5 Mill. Fr. betragen, davon entfallen auf den eigentlichen Flußausbau 8,3 Mill. und auf den Bau des Wehres und der Schiffsschleuse 6,9 Mill. Fr. Die jährlichen Aufwendungen für den Betrieb des Wehres und der Schleuse werden voraussichtlich rd. 20 000 Fr. betragen. Als Bauzeit sind $5^1/_2$ bis 6 Jahre in Aussicht genommen. („Schweizer Bauzeitung“ 5. Februar 1927 S. 69*) [N 154a] Sd.

Sandstürme und Eisenbahn

Sandstürme machen dem Betriebe der südafrikanischen Bahnen, namentlich in den Küstengegenden Südwestafrikas, viel zu schaffen. Z. B. wurde an einem Julitage die Strecke

Walvis–Swakopmund an vielen Stellen bis 1,8 m hoch verweht. Die Sandstürme waren so dicht, daß die Sicht nicht bis 100 m reichte. Alle bisherigen Schutzmittel haben versagt. Man versucht es jetzt mit Aufforstung der anliegenden Landstrecken. Man pflanzt Tamariske, Lupinus arboreus, Mango, Aloe, Pinie, Port-Jackson-Weide und verschiedene Gräserarten. Am besten scheint sich die auch in Südwestafrika heimische Tamariske zu bewähren, die sich selbst bei Verwehungen von 1½ m Tiefe nach oben durchringt. [N 154 d] M.

Heizkessel für elektrische Eisenbahnzüge

Für die Paris-Orléans-Bahn, die in neuerer Zeit zum elektrischen Bahnbetrieb übergegangen ist und auf deren Linien zur Zeit sowohl elektrische als auch Dampfzüge verkehren, hat die Firma J. A. Niclausse, Paris, einen Heizkessel entworfen, der von den elektrischen Zügen in einem besonderen Wagen mitgeführt wird und die mit der üblichen Dampfheizanlage versehenen Personenwagen mit Heizdampf versorgen soll. Der mit einem Überhitzer ausgestattete Kessel von 35 m² Heizfläche ist für 12 at Betriebsdruck berechnet; er soll auch Dampf für Luftpumpen und Signale liefern. Betriebsbereit wiegt er 3800 kg und nimmt 1,42 m in der Breite, 2,1 m in der Länge und 2,2 m in der Höhe ein. Der Kessel ist mit Rohölfeuerung und Dampfgebläse ausgerüstet; er hat bei Abnahmeversuchen eine Dampfleistung von 3100 kg/h erreicht, die sich jedoch noch steigern läßt. Die Abgase der Feuerung werden durch zwei Schornsteine abgeleitet, damit sie die elektrische Fahrleitung nicht treffen. („The Engineer“ 4. Februar 1927 S. 134/35*) [N 154 b] H.

Neue Eisenbahnfähre in Japan

1911 wurden die japanischen Inseln Houshu und Kyushu und 1921 die Inseln Houshu und Shikoku durch Eisenbahnfähren verbunden. Die Entfernungen betragen 3,7 und 20 km. Nachdem im Jahre 1925 die Eisenbahnkupplungen für das ganze Land genormt waren, ist jetzt auch Houshu mit Hokkaido durch eine Fähre verbunden worden. Sie hat 109 m Länge über alles, beladen 4,55 m Tiefgang, 4300 t Verdrängung und 17 Kn Geschwindigkeit. Es ist Raum für 39 Fahrgäste erster, 198 zweiter und 700 dritter Klasse vorhanden. („Engineering News-Record“ 27. Januar 1927 S. 148*) [N 154 c] W. Schm.

Südafrikanische Kohlenverschiffungen

Die südafrikanischen Minen lieferten vom 1. Juli 1925 bis 30. Juni 1926 außer dem einheimischen Bedarf 3 711 488 t Kohlen, von denen 1 959 293 t gebunkert, 50 299 t nach andern Häfen der Südafrikanischen Union und 1 701 896 t nach Übersee versandt wurden. An dem Gesamthafenumschlag sind Port Durban mit 71,3 vH, Laurenço Marquez mit 18,2 vH, Tafel Bay mit 10,1 vH und sonstige Häfen mit 0,4 vH beteiligt.

Die gesamte Kohlenförderung Südafrikas beträgt über 13 Mill. t, von denen rd. 55 vH auf Transvaal, 38 vH auf Natal und 7 vH auf den Orange-Freistaat entfallen. [N 154 e] M.

800 t-Hochofen der Weirton Steel Co.

In den Anlagen der Weirton Steel Co., Weirton, W. Va., hat man im November 1926 einen neuen Hochofen angeblasen, der im allgemeinen täglich 800 t Roheisen erzeugt, dessen tägliche Leistung aber auch auf längere Zeit auf 1000 t Roheisen gesteigert werden kann. Die Abmessungen des Ofens sind: 6,55 m Gestell-, 7,3 m Kohlensack-, 5,18 m Gichtdurchmesser, Höhe des Ofenschachtes 27,73 m und sein Inhalt rd. 1218 m³. Beschickt wird der Ofen durch paarweise zusammenarbeitende Gichtkarren, die in einem elektrisch angetriebenen Schrägaufzug laufen. Nach dem Abstich kann das Roheisen unmittelbar in 65 t-Gießpfannen fließen, die dem Mischer in der Siemens-Martin-Ofenanlage zugeführt werden. Die Schlacke wird entweder gekörnt oder in Schlackenpfannen auf die Schlackenhalde befördert. Die vier Winderhitzer sind 30,5 m hoch und haben 7,6 m Dmr. Der Wind für den Hochofen wird durch ein Turbogebläse für rd. 2000 m³/min erzeugt. Die Wasserreinigungsanlage liefert 727 000 l/h. „The Iron Age“ 27. Januar 1927 S. 278*) [N 154 f] Gw.

Berichtigung

100 Jahre Aluminium

In Z. Bd. 71 (1927) S. 101 ist unter dem Stichwort „Silumin“ in der 6. und 13. Zeile des Abschnittes von Reinigung des Bades und Reinigungsverfahren gesprochen. Dieser Ausdruck ist dahin zu berichtigen, daß es sich bei der Veredelung des Silumins nicht um eine Reinigung, sondern um eine Verfeinerung handelt.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Der Weg durch das Wirrsal. Von Eugen Diesel. Stuttgart und Berlin 1926, J. G. Cotta'sche Buchhandlung Nachf. 285 S. Preis 10 ℳ.

Ein sehr interessantes und beachtenswertes Buch. Etwas ganz andres als amerikanische Rezepte, die einen „Weg aus dem Wirrwarr“ geben wollen. Der Verfasser — ein Sohn Rudolf Diesels — sucht an die Wurzeln vorzudringen, aus der Entwicklung unsrer technischen Zivilisation die Nöte unsrer Zeit zu erkennen und aus dieser Erkenntnis heraus eine Besserung anzubahnen. Er packt in seinem Buch die ganze Ladung des Narrenschiffes unsrer Zeit aus. Er zeigt, wie unser Dasein sich immer mehr vom lebendigen Leben entfernt, wie es in tausend belanglose Tatsachen, Zahlen, Spekulationen atomisiert wird, einem Sandstrom vergleichbar, der uns zwischen den Händen zerrinnt, ohne daß wir diesen Sand zum Bau einer geschlossenen Lebensform verwenden können. Wie wir von den Erzeugnissen unsres Fleißes und Fortschrittes gemeistert werden, anstatt über ihnen zu stehen, und wie unsre Zeit kaum mehr eine frische, freie, menschliche Tat, kaum mehr ein sittliches Schicksal des einzelnen kennt.

Dieses Wirrsal unsrer Zeit wird mit starker kritischer Begabung und mit glänzender Beherrschung des Wortes dargestellt. Eine Unsumme kluger Beobachtungen. Oft allerdings ist diese Fülle kaum zu bändigen, und man möchte wünschen, daß der Verfasser nicht alles zu sagen versuchte, was er an Gedanken über diese Fragen in anscheinend langjähriger Arbeit gesammelt hat. Ein überreiches Gedankenmuseum mit fast nur guten Stücken — und vielen Duplikaten — ausgestattet, in dem man wohl die nach großen Gesichtspunkten ordnende Hand bereits erkennt; man möchte dieser Hand aber noch wesentlich größere Macht des Ausmerzens und Umstellens wünschen. Es steckt unendlich viel Fleiß in diesem Buch. Wird für eine Umarbeitung noch mehr hineingesteckt, so kann es ein sehr wertvoller Beitrag zur Erkenntnis unsrer Zeit werden.

Vieles wird zu sehr grau in grau dargestellt. Das Buch teilt darin das Schicksal fast aller Kritiken, die von einem Mann vorgetragen werden, der, außerhalb des Kampfgewühles stehend, nur vom Feldherrnhügel aus die Dinge überblickt. Praktisches Mitkämpfen und Mithandeln würde den Verfasser wohl in manchen Fragen zu einer optimistischeren Auffassung kommen lassen. Wenn auch das ganze von ihm überblickte Gewühl der Erscheinungen oft trostlos aussieht — in den Elementen dieses Chaos ist überall eine aus der großen Perspektive noch kaum erkennbare Neugestaltung der Dinge und des Geistes im Gange.

Wie dem auch sei, wir wollen jedenfalls Diesel dafür dankbar sein, daß er in menschlich so gewinnender Form zu den Fragen unsrer Zeit Stellung nimmt, viel Stoff zum Nachdenken bietet und eine Änderung der Gesinnung schaffen hilft, ohne die ein Ausweg aus diesem Wirrsal nicht möglich ist. [E 62] Paul Rieppel

Kritische Drehzahlen als Folge der Nachgiebigkeit des Schmiermittels im Lager. Von Ch. Hummel. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 287. Berlin 1926, VDI-Verlag. 48 S. m. 50 Abb. und 4 Zahlentaf. Preis 3,80 ℳ.

Die dynamischen Beanspruchungen einer sich drehenden Welle werden bei bestimmten Drehzahlen, die man heute allgemein als kritische Drehzahlen bezeichnet, unendlich groß. In ihrer Nähe ist ein dauernd betriebsicherer Zustand nicht möglich.

Neuerdings hat Prof. Dr. Stodola die Aufmerksamkeit auf eine neue kritische Drehzahl glenkt, die im Gegensatz zu den durch elastische Verformungen der Welle hervorgerufenen, in der Nachgiebigkeit der Ölschicht im Lager ihren Ursprung hat. Hummel hat das Wesen dieser Erscheinung in der vorliegenden Arbeit rechnerisch geklärt, das Ergebnis seiner Untersuchung durch Versuche nachgeprüft und Maßnahmen zur Vermeidung dieser kritischen Drehzahl angegeben. [E 2742] W. Schm.

Flugzeugbau und Luftfahrt. 3. H.: **Der Bau des Flugzeuges.** Von E. Pfister. 2. T.: Tragwerkverspannung und Leitwerk. Berlin-Charlottenburg 1926, J. E. Volckmann Nachf. 52 S. m. 85 Abb. Preis 2 ℳ.

Für den Anfängerunterricht in der Luftfahrt wie für einen weiteren Kreis vor allem der technisch Vorgebildeten, die bisher vergeblich nach einer leichtverständlichen und doch gediegenen Einführung in die Praxis der Luftfahrt suchten, ist die neue Sammlung, deren zweites Heft hier vorliegt, willkommen. An dem Titel der Heftreihe — der Flugzeugbau ist ein Teil der Luftfahrt — darf man sich nicht stoßen. Der Verfasser der ersten drei Bändchen versteht es meisterhaft, die mechanischen Zusammenhänge, die Berechnungsverfahren, die Anforderungen an die Bauteile, ihre Anordnung und Gestaltung darzustellen. Ist schon die große Zahl der Abbildungen bestechend, so zeigt ein Blick in das Büchlein noch, daß sie inhaltreich und trotz der oft fehlenden Unterschriften klar und verständlich sind. Die zahlreichen Beispiele werden der fleißigen Arbeit, die sich mit dem Aufbau und der Berechnung von Tragflügeln, Flossen und Rudern, wie der gesamten Steuerung beschäftigt, besonders förderlich sein. [E 2661] Everling

Die neueste Entwicklung der Welterdölwirtschaft und die Mineralöllage Deutschlands. Von Alfred Faber. Halle a. d. S. 1926, Wilhelm Knapp. 91 S. m. 17 Abb. Preis 5,20 ℳ.

Das vorliegende Buch ist nach der Art seiner Anlage nicht so sehr für die engere Fachwelt als vielmehr in erster Linie für die an der Erdölindustrie interessierten allgemeinen Kreise bestimmt. Es sucht seine Grundlagen in den neuesten internationalen Erdölstatistiken und gibt diesen jeweils einen knapp zusammenfassenden Kommentar. Dadurch erhält der Benutzer des Buches die Möglichkeit, sich in Kürze über das sehr umfassende und dem Außenstehenden schwer zugängliche Gebiet der internationalen Petroleumindustrie zu unterrichten und die Entwicklung seines sich geradezu überstürzenden Produktions- und Absatztempos kennen zu lernen.

Besonders angenehm wird es der Leser empfinden, daß sämtliche statistischen Angaben auf metrische Tonnen umgerechnet sind, wodurch das vergleichende Studium ungemein erleichtert wird. Dagegen geht der Verfasser auf die inneren Vorgänge und die tieferen Beweggründe der Industrie nicht ein, ein Umstand, der manchen Leser nicht befriedigen dürfte. In dieser Beziehung schürfen freilich auch manche umfangreicheren Werke auf diesem Gebiet nicht tiefer. [E 2684] Herzenberg

DIN-Normblatt-Verzeichnis. Stand der Normung Herbst 1926. Berlin 1926, Beuth-Verlag. 206 S. Preis 1,50 ℳ.

Das halbjährlich erscheinende Normblatt-Verzeichnis des Normenausschusses der Deutschen Industrie oder, wie er jetzt heißt, des Deutschen Normenausschusses, ist mehr als lediglich eine Zusammenstellung der erschienenen Normenblätter; es gibt eine gedrängte Übersicht über das, was im Deutschen Reiche an Normungsarbeit geleistet wurde. Dementsprechend unterrichtet der erste Abschnitt über die Organisation des Deutschen Normenwesens, die Ausschüsse und ihre Träger, sowie über den Stand der Normung im Herbst 1926. Hierbei werden auch die in Vorbereitung befindlichen Arbeiten gestreift.

Den Hauptteil nimmt das Sachverzeichnis ein, an das sich ein Nummernverzeichnis und ein Stichwortverzeichnis anschließen. Die Anordnung ist recht übersichtlich und klar und das leichte Auffinden wird durch Kerbung des Randes, das sogenannte „Daumenregister", erleichtert. Hier wäre es vielleicht zweckmäßig, auf die Zungen jeweils die zugehörigen Seitenzahlen zu setzen. Die an sich recht eindrucksvollen Schaubilder der Normungsarbeit auf S. 63 bis 68 könnten an den Schluß gestellt werden, damit das Sachverzeichnis von den zugehörigen einführenden Angaben nicht allzu weit getrennt wird. Alles in allem darf man dem Deutschen Normenausschuß zu dem vorliegenden Verzeichnis Glück wünschen; es legt Zeugnis ab von seiner umfassenden, zielbewußten Arbeit. [E 2708] Sinner

Handbuch für die Konserven-Industrie, Konserven-Fabriken und den Konserven-Großbetrieb. Von Eduard Jacobsen. 2 Bde. Berlin 1926, Paul Parey. 1459 S. m. 635 Abb. Preis 124 ℳ.

Das Werk bietet in ganz umfassender Weise Aufklärung über alles, was mit der Konserven-Industrie zusammenhängt. Nicht nur die Herstellung der eigentlichen Vollkonserven wird beschrieben, sondern der Verfasser berücksichtigt unter Mitarbeit namhafter Fachleute auch die Entstehung der Ausgangstoffe. Auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Verfahren und der Gesamtanlagen wird ausführlich eingegangen. [E 2693] Gs.

Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe vom 24. Dezember 1919 mit Erlassen betr. Auslegung der Hochbaubelastungsbestimmungen u. a. von 1922 bis 1925. 7. Aufl. Berlin 1926, Wilhelm Ernst & Sohn. 20 S. Preis 1,50 ℳ.

Das Heft enthält die Erlasse des Ministers für Volkswohlfahrt in Preußen und Tabellen mit den anzunehmenden Gewichten der gebräuchlichsten Baustoffe und Baukörper sowie einiger Füll- und Lagerstoffe, Eigengewichte von Bauteilen, Nutzlasten, Schneelast, Winddruck. Ferner sind die zulässigen Beanspruchungen der Baustoffe und des Baugrundes angegeben und die Berechnung eiserner Träger. [E 2638]

Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb. Von F. Hymans u. A. V. Hellborn. Berlin 1927, Julius Springer. 156 S. m. 107 Abb. Preis 15,90 ℳ.

Pneumatische Materialtransporte. Von Hans Rudolf Karg. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 48 S. m. 7 Tab. Preis 3 ℳ.

Voigts Motor-Bücher 5. Bd.: **Elektrokarren.** Von R. Thebis. Leipzig 1927, Bernh. Friedrich Voigt. 88 S. m. 35 Abb. u. 16 Taf. Preis 2,50 ℳ.

Die wirtschaftliche Regelung von Drehstrommotoren durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden. Von H. Zabransky. Berlin 1927, Julius Springer. 112 S. m. 105 Abb. Preis 9 ℳ.

Schnitte und Stanzen. Von Ernst Göhre. Leipzig 1927, Otto Spamer. 192 S. m. 183 Abb. Preis 16 ℳ.

Die Fließarbeit und ihre Nutzbarmachung für die deutsche Wirtschaft. Von A. Wallichs. Stuttgart 1927, Walter Hädecke. 61 S. m. 13 Abb. Preis 1,50 ℳ.

Mitteilungen a. d. Gebieten d. Holzbearbeitung u. Sägerei. Herausg. von Robert Lippmann. 1. Bd. 1. H. Jena 1926, Hermann Costenoble. 103 S. m. 85 Abb. Preis 6 ℳ.

Holz im Hochbau. Von Hugo Bronneck. Wien 1927, Julius Springer. 388 S. m. 415 Abb. Preis 22,50 ℳ.

Eisenbeton-Zahlentafeln. Von Weese. 5. T.: Querschnitte mit außermittiger Last. 3. Aufl. Kirchmöser-Havel 1927, Selbstverlag Weese. 37 S. Preis 16 ℳ.

Die gewöhnlichen und partiellen Differenzen-Gleichungen der Baustatik. Von Fr. Bleich u. E. Melan. Berlin und Wien 1927, Julius Springer. 350 S. m. 74 Abb. Preis 28,50 ℳ.

Handbücher für Motoren- und Fahrzeugbau. 11. Bd.: **Die wirtschaftliche Fertigung von Motoren und Kraftwagen.** Von Curt Hanfland. Berlin 1927, Richard Carl Schmidt & Co. 814 S. m. 734 Abb. Preis 45 ℳ.

Die Automobiltreibmittel des In- u. Auslandes. Von Erwin Sedlaczek. Berlin 1927, Julius Springer. 247 S. Preis 14,40 ℳ.

Uhlands Ingenieur-Kalender 1927. Begr. von Wilh. Heinr. Uhland. 53. Jg. Bearb. von F. Wilcke. 1. T.: Taschenbuch. 2. T.: Für den Konstruktionstisch. Leipzig 1926, Alfred Kröner. Preis beider Teile 4 ℳ.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Wärmeübergang in tropfbaren Flüssigkeiten

Ten Bosch bringt in Z. Bd. 70 (1926) S. 911 eine Gleichung für den Wärmeübergang in allen Flüssigkeiten. Sie ist auf theoretischem Wege abgeleitet, und ihr Festwert 0,35 ist auf Grund meiner Versuche ermittelt. Die Gleichung ist in einem logarithmischen Diagramm als Gerade darstellbar. In dieser Weise hat ten Bosch eine Anzahl meiner Versuchswerte aufgetragen. Ich kann mich der Meinung ten Boschs nicht anschließen, daß sie sich „sehr gut" um die Gerade gruppieren, die durch die vier Punkthaufen hindurch gelegt ist, es sei denn, ich müßte zugeben, daß meine Versuche sehr fehlerhaft ausgeführt sind: die Abweichungen betragen bis zu 35 vH und bewegen sich im Mittel in Höhe von ± 10 vH.

Forscht man den Gründen dieser Abweichungen nach, so findet man, wenn man die Werte jeder Versuchsreihe getrennt aufträgt, Abb. 1, daß die Werte für $d =$ 28 mm im Mittel um etwa 15 vH höher liegen als die für $d = 17$ mm, d. h. aber nichts andres, als daß die Versuchswerte nicht um eine Gerade, sondern um zwei paral-

lele Gerade herum liegen, oder daß ten Boschs Gleichung $f(d) = d^{-0,25}$ den Versuchswerten nicht entspricht; meine Auswertung meiner Versuche ergab bekanntlich $f(d) = d^0 = 1$.

Diese zwei Geraden wird man ferner nicht unter dem Winkel $\operatorname{tg} \gamma = 0{,}75$, sondern etwa 0,87 ziehen und damit auch $f(w)$ richtig stellen. Auf diese Weise gelangt man zur Prüfung der Temperaturfunktion. Ten Bosch hat von meinen Versuchsreihen jeweils einen ersten und einen letzten oder vorletzten Wert herausgegriffen. Da die Werte in diesen Reihen nach steigenden Temperaturunterschieden $(T_i - t_m)$ geordnet sind, so bedeutet das, daß hier einerseits Werte mit sehr kleinen Temperaturunterschieden von 2 bis 3 °C und anderseits mit großen Temperaturunterschieden von 10 bis 30 °C vorliegen. Trägt man statt der Werte $\log A$ (nach ten Bosch) die Werte $\log B = \log A - 0{,}87 \times \log P$ über $\log P$ auf, so müßten sich die Werte, wenn ten Boschs Gleichung in bezug auf die Temperaturfunktion richtig wäre, um eine Wagerechte gruppieren. Statt dessen sieht man folgendes, wenn man die Werte bei kleinen Temperaturunterschieden und diejenigen bei großen für sich betrachtet, Abb. 2 und 3.

Jene (Vollpunkte) liegen in einer Richtung, die den Winkel $\operatorname{tg} \gamma = 0{,}7$ mit der Wagerechten bildet, diese (Kreise) streben noch steiler in die Höhe ($\operatorname{tg} \gamma = 2{,}0$). (In Abb. 2 und 3 sind, um das Bild nicht zu trüben, nur die Versuchswerte der beiden Rohre bei Strömung abwärts und Wärmeübergang von Wand an Wasser aufgetragen. Die stark ausgezogene Linie entspricht der Gleichung ten Boschs.) Da die großen Temperaturunterschiede im allgemeinen mit zunehmendem P (abnehmender Eintrittstemperatur) zunehmen, so zeigen die zwei Diagramme, daß auch die Temperaturfunktion von ten Bosch den Tatsachen nicht entspricht, und zwar, wenn ich mich so ausdrücken darf, um so weniger, je größer die Temperaturunterschiede werden. Hiermit ist der zweite Grund der großen Streuung im Diagramm von ten Bosch gefunden und diese vollkommen erklärt.

Obige Ergebnisse finden sich bestätigt, wenn man Werte, die nach ten Boschs und meiner Formel berechnet sind, vergleicht. Bei $t_G = t_k$ oder $T_i = t_m$ nimmt α zwischen 10 und 70° nach ten Bosch um 11 vH stärker zu als nach meiner Formel, was der Geraden mit dem Winkel $\operatorname{tg} \gamma = 0{,}7$ genau entspricht. Bei gleichem t_k oder t_m und zunehmenden t_G oder T_i nimmt α nach ten Bosch ab, nach Stender aber zu, was wiederum die Richtung der zweiten Geraden bestätigt.

Es sei nur nebenbei bemerkt, daß die Formel von ten Bosch die Rohrlänge garnicht berücksichtigt und schon aus diesem Grunde unmöglich verschiedenen oder gar allen Versuchen genügen kann.

Erwähnen möchte ich noch, daß meine empirische Formel für den praktischen Gebrauch unbequem sein mag, daß aber Abb. 17 meiner Dissertation[1]) alle nötigen Werte in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Temperatur ohne weiteres abzulesen gestattet.

Dr. Stender

Erwiderung

Dr. Stender findet die Gruppierung seiner Versuchswerte um meine theoretische Gerade nicht genügend und sucht die Abweichungen zu erklären. Seine Zuschrift könnte den Glauben wecken, daß nur unbedeutende Streuungen bei seinen Versuchen auftraten; ein Blick auf Abb. 14 bis 16 seines Buches zeigt aber tatsächlich bedeutende Abweichungen von einer ausgeglichenen Kurve, aus der er seine Gleichung bestimmt. Von seinen sämtlichen Versuchswerten (10 Seiten Zahlentafeln) habe ich rund die Hälfte ohne jeden Ausgleich mit meiner Formel verglichen und aus jeder Versuchsgruppe nur die mit den größten und kleinsten Temperaturunterschieden in die Zahlentafel 1 und Abb. 4 aufgenommen. Die Abweichungen der zwischenliegenden Werte sind bedeutend geringer, und im Gesamtdurchschnitt kleiner als 5 vH. Durch einen Punkthaufen kann man natürlich verschiedene Kurven ziehen und von jeder behaupten, daß sie den Versuchsergebnissen entspricht. Was mich zu einer andern Auswertung der Messungen bewog, war folgende Überlegung.

Die Stendersche Formel ist eine rein empirische Gleichung, die nur für die gewählte Versuchsanordnung und innerhalb der engen Versuchsgrenzen (für $d = 28$ mm nur bis $w = 0{,}57$ m/s) gilt. Sie enthält weder den Rohrdurchmesser, noch nimmt sie auf die allgemeine Beziehung Rücksicht, daß — unter bestimmten Voraussetzungen — die Wärmeübergangzahl eine Funktion von R und P sein muß. Wenn Dr. Stender auf S. 85 seines Buches beweisen will, daß die Nußeltsche Gleichung auch lediglich eine empirische ist, so hat er die große Bedeutung der Ähnlichkeitsbetrachtungen für die Auswertung von Versuchsergebnissen damals nicht erkannt. Von den vielen Umständen, die den Wärmeübergang beeinflussen (t, d, w, γ, c_p, λ, η), ist für tropfbare Flüssigkeiten nur der Einfluß der beiden Kenngrößen R und P zu untersuchen.

Zunächst suchte ich die Gestalt der Funktion $\alpha \frac{d}{\lambda} = F(R, P)$ unmittelbar aus seinen Versuchen zu bestimmen, doch die Schwierigkeit liegt darin, daß man nicht weiß, für welche Temperaturen diese stark mit der Temperatur veränderlichen Größen einzusetzen sind. In meiner Arbeit habe ich dann auf Grund theoretischer Überlegungen eine Funktion abgeleitet, um die sich sämtliche bisher veröffentlichte Versuchsergebnisse über den Wärmeübergang in Rohren strömender Flüssigkeiten gruppieren. Abb. 4 ist nur ein Auszug davon[1a]). Beachtenswert ist es, daß Rice[2]) aus der gemessenen Geschwindigkeitsverteilung φ zu 0,34 bis 0,33 berechnet, Tayler[3]) φ zu 0,38 schätzte, während ich aus den Stenderschen Versuchen $\psi = 0{,}35$ fand. Diese Versuche erstreckten sich von der kritischen Ge-

[1]) Stender, Wärmeübergang, Berlin 1924, Verlag Julius Springer.

[1a]) Der Zahlenfaktor beträgt 0,0395 und nicht 0,00395, wie in meinem Aufsatz angegeben war.

[2]) „Industrial and Engineering Chemistry", Mai 1924.

[3]) Techn. Reports of advisory Committee for aeronautics (great. Britain (1916 bis 1917).

Abb. 1
Abweichungen von der Kennfunktion ten Boschs in Abhängigkeit von Rohrdurchmeser und Geschwindigkeit

Abb. 2

Abb. 3

Abb. 2 und 3. Abweichungen von der Kennfunktion ten Boschs a in Abhängigkeit von Temperatur und Temperaturunterschied

Abb. 4
Vergleich der Versuchswerte von Poensgen und Gröber mit der allgemeinen Gleichung

schwindigkeit bis $P = wd/a = 500\,000$ und enthalten Versuche mit Rohren von 6 bis 119 mm Dmr. Niemals wäre das möglich, wenn die Wärmeübergangzahl mit $w^{0,87}$ verhältnisgleich und unabhängig vom Durchmesser wäre. Allerdings kommen auch Abweichungen von der Geraden vor; am bedeutendsten bei den Versuchen von Poensgen mit Dampf von 1 at. Wie aus Zahlentafel 1 hervorgeht, sind die Abweichungen von meiner Formel meist noch kleiner als von der empirischen Gleichung, die Poensgen aus seinen Versuchen abgeleitet hat.

Vom hydrodynamisch und thermodynamisch ausgebildeten Zustand an ist die Wärmeübergangzahl unabhängig von der Rohrlänge. Darum kommt diese in meiner Formel zunächst nicht vor. Für die Einlaufstrecke hat Latzko[4]) den Einfluß der Länge mathematisch untersucht[5]).

Die Abweichungen der Stenderschen Versuchswerte von der Geraden lassen sich durch die Nichterfüllung der theoretischen Voraussetzungen erklären. Die Theorie vernachlässigt den Wärmeübergang durch Strahlung, und weiter die Strömungen, die durch Unterschiede im spezifischen Gewicht im Rohrquerschnitt entstehen, die namentlich für tropfbare Flüssigkeiten bei kleinen Geschwindigkeiten und großen Temperaturunterschieden von Bedeutung sind. Die Abweichungen dürfen aber nicht einfach durch Korrekturen der Exponenten von d und w wiedergegeben werden, sondern bei Berücksichtigung des Ähnlichkeitsprinzips muß dann[6])

$$\alpha = \alpha_s + \frac{\lambda}{d} F_1(R, P) + \frac{\lambda}{d} F_2\left(R, \frac{d_0^3 \beta g^2 (t_u - t_0) c_p}{\eta_0 \lambda}\right)$$

sein. Die Bestimmung der Funktion F_2 ist die nächstliegende Aufgabe der experimentellen Forschung.

Der Fortschritt meiner theoretischen Formel gegenüber den bestehenden empirischen Gleichungen liegt darin, daß sie extrapolationsfähig ist, wodurch es möglich wird, die Wärmeübergangzahlen für irgendwelche Flüssigkeiten mit praktisch meist ausreichender Genauigkeit im voraus zu bestimmen. Auch die Abweichungen durch Wärmestrahlung und Konvektion lassen sich abschätzen.

[D 2432] ten Bosch

4) Latzko, Zeitschr. für angew. Math. u. Mech. 1921 S. 208.

5) Eine zusammenfassende Darstellung enthält die soeben erschienene zweite Auflage meines Buches über die Wärmeübertragung (Julius Springer, Berlin).

6) Vergl. z. B. S. 129 meines Buches.

Zahlentafel 1
Vergleich der von Poensgen gefundenen Werte mit den aus der allgemeinen Gleichung berechneten Wärmeübergangzahlen

p at	Temperaturen Wand °C	Temperaturen Kern °C	Wärmeübergangzahl aus Versuch	berechnet Poensgen	berechnet Gl. 5
1	127,2	162,5	17,6	16,2	21,9
	138,7	187,7	15,8	14,2	18,1
	144,7	183,4	19,3	21,4	25,0
	146,1	178,9	27,3	25,0	29,0
	150,4	186,7	21,3	22,5	27,1
	153,6	190,8	20,1	19,6	23,9
3	152,3	182,5	29,7	33,3	33,1
	152,9	179,6	32,2	38,0	36,6
	158,7	183,6	42,8	45,0	45,6
	159,4	182,0	48,9	52,4	47,9
	163,3	197,6	23,2	23,3	24,4
	193,6	222,2	47,8	45,6	47,0
	205,0	249,9	20,3	19,2	21,6
	205,2	247,8	29,3	28,0	29,4
	227,5	270,0	48,6	49,0	48,8
	234,6	279,9	41,5	44,0	45,2
5	174,3	199,3	45,8	47,0	45,2
	175,5	193,2	88,4	86,0	74,5
	177,9	194,2	96,2	100,0	87,5
	198,1	237,9	32,1	33,0	33,9
	203,8	249,9	22,9	25,0	26,5
	209,6	241,6	59,8	57,0	53,6
	209,9	231,9	95,3	87,0	79,3
	231,3	288,8	26,5	24,0	26,2
	244,6	296,4	39,1	41,0	38,9
	247,7	284,7	79,5	76,0	72,5
	251,7	301,7	49,9	46,0	48,3
	252,0	292,8	69,2	66,0	65,3
	260,7	305,2	55,1	53,0	56,7
7	211,2	230,4	126,0	133,0	110,2
	214,2	239,0	74,7	100,0	86,5
	215,5	252,4	45,3	52,0	47,8
9	201,8	215,9	149,7	180,0	145,0

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ *SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS* ★

BD. 71 SONNABEND, 26. FEBRUAR 1927 NR. 9

Der Wettbewerb für die Hafenbrücke in Kopenhagen

Der Plan der Stadtbauverwaltung für den Wettbewerb sowie die Wettbewerbergebnisse werden mitgeteilt. — Beschreibung der drei preisgekrönten Entwürfe und eines angekauften Entwurfes sowie der von den Bearbeitern außerdem eingereichten Nebenentwürfe. — Die vom Beurteilungsausschuß für die Entscheidung zugrunde gelegten Gesichtspunkte.

Die neueste Zeit ist reich an bemerkenswerten Brückenbauaufgaben. In der ganzen Welt tauchen neue große Pläne auf und werden verwirklicht. Selbst im armen Deutschland sorgt das Anwachsen der Lokomotivgewichte dafür, daß die Brückenbauingenieure bei dem allgemeinen wirtschaftlichen Tiefstand nicht feiern[1]). Aber auch bei Gelegenheiten, die sich außerhalb Deutschlands boten, haben die deutschen Brückenbauingenieure ihren Mann gestanden. In den letzten Monaten haben besonders die beiden großen Brückenbaupläne Dänemarks die Aufmerksamkeit der Fachwelt erregt, der Plan einer Hochbrücke über den Kleinen Belt und der einer solchen über den Hafen von Kopenhagen. Während der für die erstere ausgeschriebene Wettbewerb noch nicht abgeschlossen ist, liegen die Wettbewerbergebnisse für die Brücke über den Hafen von Kopenhagen vor.

Der Plan der Stadtbauverwaltung

Für eine Hochbrücke über die Hafen- und Eisenbahngelände zwischen Dybbølsgade und dem Artillerieweg auf Amager, Abb. 1, sollten Wettbewerbskizzen eingereicht werden. Die von dem Stadtbauingenieur für die Brückenführung vorgeschlagene Verbindungslinie eines Straßenkreuzungspunktes auf jeder Seite konnte etwas nach Norden oder Süden verschoben werden, auch sollte die Brückenachse selbst, wie sie im Plane vorgesehen war, nicht bindend sein. Nur der Gaswerkhafen sollte nicht überquert werden, damit die Kailängen nicht beeinträchtigt wurden, und die Brückenachse sollte möglichst senkrecht zum Hafen liegen. Diese neue Brücke sollte eine 12 m breite Straße, zwei 2 m breite Radfahrwege unmittelbar neben dieser und zwei 3 m breite Bürgersteige umfassen. Bei Brückenträgern oberhalb der Fahrbahn gelten die Maße als Lichtmaße. Die Straßenbreite auf der Brückenrampe sollte 25 m betragen.

Auf der Westseite des Hafens war auf die künftige Anlage eines Kais in Verlängerung der Enghavebrücke Rücksicht zu nehmen. Beide Landpfeiler der Brücke sollten 18 m hinter die Kailinie zurückgesetzt werden. Ein für die Durchfahrt günstig gelegener Teil der Brücke bei 10 m Wassertiefe war als beweglicher Teil von 40 m lichter Durchfahrweite zu entwerfen. In geschlossenem Zustande sollte eine Durchfahrhöhe von 21,5 m in 32 m Breite im mittleren Teil der Durchfahrt, im geöffneten Zustand eine Breite von 40 m bei 21,5 m Höhe vorhanden sein darüber hinaus bis zu 40 m Höhe durfte die Breite bis auf 32 m abnehmen. Die lichte Durchfahrhöhe sollte in diesem Falle 55 m nicht überschreiten.

Über dem Hafenbecken sollten die Brückenträger möglichst oberhalb der Brückenbahn liegen. Im Hafenbecken war die Zahl der Pfeiler möglichst zu beschränken. Die Pfeilergründung war bis zum festen Kalk hinabzuführen, mindestens aber bis auf 12 m unter täglichem Wasserstand. Auf gute Fahr- und Gehverbindungen der Brücke mit den Kaistraßen durch Rampen, Aufzüge oder ähnliches war Wert gelegt. Für die Brücke und die Rampen war eine Höchststeigung von 33 vT in der Geraden, bis 12,5 vT in scharfen Krümmungen vorgeschrieben. Die Brücke war zur Aufnahme jeglicher Art von Straßenverkehr sowie einer doppelgleisigen Straßenbahn einzurichten.

Abb. 1
Lageplan für die neue Hochbrücke über den Hafen von Kopenhagen

a Plan der Stadtverwaltung *b* Linienführung nach dem Entwurf „Entschluß“
c Straßenkreuzung Dybbølsgade *d* Artillerieweg *e* Gaswerkhafen

Die dick ausgezogenen Linien auf der Ostseite des Hafens zeigen die Führung der anliegenden Straßen nach dem Entwurf „Entschluß“, die dünn ausgezogenen die Straßenführung nach dem Plan der Stadtverwaltung

[1]) Vergl. K. W. Schaechterle „Verstärkung, Umbau und Auswechlung von Eisenbahnbrükken“, Berlin 1926, VDI-Verlag.

Abb. 2. Systemskizze der Hafenbrücke

Abb. 2 bis 5
Entwurf „1925“, eingereicht von der Gutehoffnungshütte, Sterkrade

Abb. 3 und 4. Eine der beiden Seitenöffnungen der Hafenbrücke

Verlangt wurde ein nur skizzenhafter Entwurf, und Berechnungen nur insoweit, als sie zum Nachweis ausreichender Bemessung der Hauptkonstruktionen und für den Kostenüberschlag nötig waren, ferner ein Kostenüberschlag für die gesamte Brückenanlage ausschließlich Seitenrampen, Straßenbefestigung, Leitungen, Gleise, dagegen u. a. auch für die Brückenpfeiler im Hafen.

Die eingegangenen Entwürfe und die Wettbewerbergebnisse

Die Zahl der programmäßig eingereichten Entwürfe betrug 33. Davon waren fünf in deutscher, vier in englischer, drei in norwegischer und 19 in dänischer Sprache abgefaßt. Die Entwürfe zeigen die verschiedensten Lösungen, wie Balkenbrücken, Bogenbrücken, Hängebrücken u. a., und als Baustoffe Eisen, Beton und Eisenbeton. Der bewegliche Brückenteil ist in den meisten Entwürfen als zweiflügelige Klappbrücke vorgeschlagen; die übrigen Entwürfe sehen mit Ausnahme eines mit einer einflügeligen Klappbrücke und eines mit einer als Schwimmkran bezeichneten Einrichtung Hubbrücken vor. Die Verbindung der Hochbrücke mit dem Gelände und den Kaistraßen ist im allgemeinen durch Rampen und Aufzüge geschaffen.

Von einigen Verfassern sind auch besondere Rundrampen in Verbindung mit einem turmartigen Rundgebäude vorgeschlagen worden. Die Brückenrampen sollen meist als Pack- oder Bureauhäuser ausgenutzt werden. Die meisten Entwürfe sehen für die Überbrückung des Hafens und der Eisenbahngleise eiserne Brücken vor, während die Rampen zwischen beiden in Eisenbeton konstruiert sind.

Von den 33 Entwürfen wurden drei mit einem Preis bedacht, und ein vierter wurde angekauft. Den ersten Preis von 15 000 Kr erhielt der Entwurf „1925“, den die Gutehoffnungshütte zusammen mit dem Architekten Prof. Rosen, Kopenhagen, und Ing. Petersen, Kopenhagen, eingereicht hatte; je einen zweiten Preis von 10 000 Kr erhielten der Entwurf „Bifrost“ (Regenbogen) der Ing. Dr. Nökkentved und Jespersen, Kopenhagen, und der Entwurf „Beslutsomhed“ (Entschluß), den die Firmen MAN, Werk Gustavsburg, und Christiani & Nielsen, Kopenhagen, zusammen mit dem Architekten, Prof. der Kunstakademie, K. Gottlob, Kopenhagen, eingereicht hatten. Für 2000 Kr angekauft wurde der Entwurf „Alfa“, der von den Firmen Flender, A.-G., Benrath, und Monberg & Thorsen, Kopenhagen, zusammen mit dem Prof. der Kunstakademie Wach, Düsseldorf, eingesandt worden war.

Entwurf „1925“

Die Linienführung der Hochbrückenanlage entspricht im wesentlichen der von der Stadtverwaltung vorgesehenen, Abb. 1. Bei der Lage der Überbrückung des Eisenbahngeländes ist besonderer Wert darauf gelegt, daß möglichst wenig an den Gleisen geändert zu werden braucht. Die Hochbrücke kreuzt den Hafen im rechten Winkel.

Für die Höhenlage der Brückenfahrbahn waren folgende Gesichtspunkte maßgebend: Die bei Dybbølsgade auf der Kopenhagener Seite infolge der notwendigen Unterführung eines Eisenbahngleises zwischen Bahnhof und Gasanstalt sich ergebende Höherlegung der Straßenkreuzung durfte die anliegenden Gebäude nicht zu sehr beeinträchtigen; ferner sollten die Bahnhofsgleise nicht gesenkt werden und dennoch die erforderliche Konstruktionshöhe der neuen Brücke von 2 m verfügbar bleiben; schließlich war die freie Durchfahrhöhe über dem Hafenspiegel von 21,5 m innezuhalten.

So steigen die angrenzenden Straßen zum westlichen Ende der Brücke über das Bahnhofsgelände mit 25 vT auf die Höhe 8,6 m, von da an steigt die Brücke mit rd. 15 vT bis zur nördlichen Rampe, die mit rd. 28,5 vT zur nördlichen Kolvebadbrücke hinabfällt; bis zur südlichen Rampe erhöht sich die Steigung auf rd. 16,5 vT, um dann auf der Hochbrücke die wagerechte Bahn der Klappbrücke mit rd. 28,5 vT zu erreichen.

Auf der Seite von Amager sind zwei Möglichkeiten vorgesehen. Im ersten Falle wird die Brücke mit 28,5 vT Gefäll bis zur Geländehöhe fortgeführt und außerdem die Verbindung mit der Kaistraße durch zwei zur Brücke parallele Rampen im Gefäll 28,5 vT hergestellt, wobei die nördliche dem Verkehr nach der Kopenhagener Seite, die südliche dem von dieser Seite her nach Amager dienen soll. Im zweiten Fall endet die Brücke in einem Rundgebäude mit Schraubenführungen von 16,5 vT Steigung,

Abb. 6. Systemskizze der Brücke, Entwurf „Regenbogen“,

Abb. 5
Klappbrücke, mittlerer Teil der Hafenbrücke,
Entwurf „1925“

durch das der Verkehr nach dem Gelände unter Fortfall der Rampenanlage vermittelt wird.

In beiden Uferpfeilern der Hochbrücke über dem Hafen sind Personenaufzüge angeordnet, während Aufzüge für Fuhrwerke neben den Rampen für überflüssig angesehen wurden. Außerdem soll mit der nördlichen Rampe auf der Kopenhagener Seite eine Treppenanlage verbunden werden.

Die Brücke über das Bahnhofgelände, die als eiserne Brücke gedacht ist, soll nur drei Pfeiler erhalten und für künftige Gleisänderungen möglichst Spielraum gewähren, wenn auch dadurch eine Erhöhung des Eisengewichtes bedingt wird. Der freien Übersicht wegen sind schlanke eiserne Pfeiler gewählt. Die Hauptträger, Gerberträger, sind oberhalb der Fahrbahn, und zwar ohne obere Querverbindungen in 16,8 m Abstand angeordnet. Die Radfahrwege liegen, da sie nötigenfalls später zur Straßenfahrbahn gezogen werden sollen, innerhalb der Hauptträger. Die Träger sind am östlichen Widerlager fest aufgelagert, während die Träger zwischen den westlichen Widerlagern durch Pendelstützen unterstützt sind.

Zwischen der Bahnhofbrücke und der Hochbrücke über den Hafen ist eine Eisenbetonkonstruktion mit durchgehenden Trägern über drei Öffnungen von 16 m Spannweite und mit 20 cm dicken Eisenbetonplatten als Fahrbahn gewählt. Als Unterstützungen dienen zwei Gelenkportale auf Eisenbetonpfählen mit eisenbewehrter Grundplatte.

Die Brücke über den Hafen, ebenfalls in Eisenkonstruktion, hat drei Öffnungen, Abb. 2 bis 5, deren mittlere durch eine Klappbrücke überspannt wird. Der Entwurf zeigt für die beiden Seitenöffnungen zwei abweichende Ausführungen. Die eine hat zwei einfache Parallelträger, die auch hier über der Fahrbahn liegen und zu steifen Halbrahmen ohne obere Verbände verbunden sind. Die andre sieht Blechbogen mit durch Zugband unter der Fahrbahn aufgehobenem Horizontalschub vor, deren Seitensteifigkeit wieder durch biegungsfeste Halbrahmen bewirkt ist. Die Auflagerung ist wegen der großen Hauptträgerentfernung von 17 m querbeweglich.

Die Klappbrücke, Abb. 5, ist zweiflügelig und hat Blechträger mit Kastenquerschnitt, deren Obergurt nur 1,2 m über der Fahrbahn liegt. Die Gegengewichte sind unter der Fahrbahn in den Klappenpfeilern angeordnet. Die Drehzapfen sind fest eingebaut. Auf ihnen ruht die Klappe mittels Walzenlager, die auch die Verkehrslasten mit aufnehmen und jederzeit zur Prüfung zugänglich sind. Außerdem sind an der Vorderkante der Klappenpfeiler Hilfslager vorhanden, nachstellbare Keillager, die beim Nachsehen der Drehzapfenlager das ganze Eigengewicht und für gewöhnlich einen Teil des Eigengewichtes aufnehmen.

Zum Antrieb dient ein Elektromotor in der Weise, daß am hinteren Klappenende angebrachte Triebstockritzel in je zwei fest mit dem Mauerwerk innerhalb des Klappenpfeilers verbundene Triebstöcke aus Flacheisen und Stahlbolzen eingreifen. Die Klappen können in geöffneter wie in geschlossener Stellung verriegelt werden, und zwar in geschlossener Stellung durch wagerechte Riegelstangen derart, daß sich eine Klappe allein unter einer Last nicht durchbiegen kann. Die Antriebe der Klappen, der Verriegelung und der Schranken sind miteinander in zwangläufige Verbindung gebracht, wodurch die erforderliche Sicherheit erreicht wird.

Der anstatt der Rampenanlage auf der Seite von Amager vorgeschlagene Rundbau soll 120 m äußeren und 80 m inneren Durchmesser erhalten. Aufwärts und abwärts gerichteter Verkehr ist durch die Straßenbahn in der Mitte und durch die Tragsäulen streng voneinander geschieden. Für Fußgänger und Radfahrer sind Aufzüge vorgesehen. Der innere Teil soll als Schwimmbecken ausgenutzt werden.

Der Raum unter den Eisenbetonteilen der Brückenrampe kann zu Packhäusern und Bureauräumen ausgenutzt werden. Unter der Brücke sollen Querstraßen hindurchgeführt werden. Außerdem sind Durchfahrten an geeigneten Stellen vorgesehen. Alle Bauwerke ruhen auf Pfahlgründungen. Der Beurteilungsausschuß hat dem Entwurf der Hochbrücke mit den seitlichen Bogenträgern den Vorzug gegeben.

Entwurf „Regenbogen“

Auch dieser Entwurf folgt in der Linienführung der Brückenanlage den Vorschlägen der Stadtverwaltung, Abb. 1. Die Brücke soll mit Ausnahme des beweglichen Teiles als Eisenbetonkonstruktion ausgeführt werden, Abb. 6. Der Straßenknotenpunkt der Dybbølsgade wird hier auf 8,61 m gehoben. Von da steigt die Brücke mit 20,4 vT bis zur Kalvebod-Brückenrampe und weiter mit 28,6 vT bis zur Mitte der Brücke über den Hafen. Sie fällt dann bis zum Brückenende an der Seite von Amager mit 28 vT.

Die Brücke besteht aus folgenden Abschnitten: Brücke über das Bahnhofgelände, Rampen entlang der Kalvebod-Brücke über das Steinplatzgelände der Gemeinde bis zum westlichen Landpfeiler, Hafenbrücke mit beweglichem Teil, Brücke und Rampen auf Amager. Für die Bahnhofbrücke sieht der Entwurf wegen der geringen zur Verfügung stehenden Konstruktionshöhe ein System mit mehreren Längsträgern unter der Fahrbahn vor, und zwar eine Ausleger-Balkenbrücke mit Spann-

eingereicht von Dr. Nökkentved und Ing. Jespersen

Abb. 6 bis 8
Entwurf „Regenbogen“, eingereicht von Dr. Nökkentved und Ing. Jespersen

Abb. 7
Hauptöffnung
Längs- und Querschnitt

Abb. 8
Querschnitt der Hauptöffnung

weiten von 19 m bzw. 21 m. In den Öffnungen von 21 m Spannweite sind je zwei Gelenke aus Stahlguß angeordnet, derart, daß die Schwebeträger 14 m Spannweite erhalten. Die Gründung soll wegen der Schwierigkeit einer Ausschachtung zwischen den Gleisen mittels Eisenbetonpfählen — Gerad- und Schrägpfählen — erfolgen.

In dem weiteren Abschnitt bis zur Hafenbrücke sind vier Dreigelenk-Rippenbogen unter der Fahrbahn, die gegeneinander durch Querwände versteift sind, gewählt. Sie sind im Scheitel und im Kämpfer durch 60 cm dicke Platten verbunden, in die die Gelenke aus fertigen Betonquadern eingebaut werden. Die Brückenbahn ist über allen Gelenkpunkten unterbrochen. Die Pfeiler sind unterhalb der Gelenke massiv; oberhalb bestehen sie aus zwei durch Längswände gegeneinander versteiften 25 cm dicken Querwänden. Den Endpfeiler bildet eine mit Rippen ausgestattete Eisenbeton-Stützmauer.

Für die Hochbrücke über den Hafen sieht auch dieser Entwurf nur zwei Pfeiler im Hafen vor. Die beiden 80 m weiten Hauptöffnungen an beiden Seiten sind, damit das Profil unter der Brücke nicht zu sehr beengt wird, durch über der Fahrbahn liegende Hauptträger, und zwar Bogen mit Versteifungsbalken überspannt, Abb. 7. Man hat Al-Zementbeton der Mischung 1 : 2 : 3 in Aussicht genommen und will damit das Gewicht der Bogen vermindern und das Betonieren erleichtern, sowie das Ausschalen beschleunigen. Die Brückenbahn ist an den Schnittpunkten mit den Bogen unterbrochen. Der Versteifungsträger ist hier mit Gelenken angeschlossen, so daß nur der Bogen statisch unbestimmt und Temperaturausdehnung möglich ist. Das Traggerippe der Brückenbahn besteht aus Längsträgern zweiter Ordnung zwischen Querträgern, die mit den Versteifungsträgern zusammengegossen sind, und ist mittels in den Bogen befestigter Hängestangen aufgehängt, Abb. 8.

Die Klappbrücke über der Mittelöffnung ist zweiflügelig mit je zwei Blechträgern mit parabelförmiger Unterkante als Hauptträgern im Abstand von 12,4 m. Jeder Hauptträger hat ein Widerlagergelenk und ein Scheitelgelenk, so daß die Brücke in geschlossenem Zustand als Dreigelenkbogen wirkt. Die Gegengewichte sind im unteren Teile der hinteren Verlängerung der Hauptträger eingegossen. Die Klappen drehen sich in einem Drehlager im Schwerpunkt der Klappe auf Gußstahl-Lagerböcken. Die Lagerböcke ruhen hinten auf einer gehobelten Stahlplatte, vorn auf einem zylindrischen Lager. Wird die Klappe geschlossen, so legt sich die am Klappenträger befestigte Gelenkschale zunächst gegen den am Lagerbock festgekeilten Gelenkzapfen. Darauf wird durch eine aufwärts gerichtete Kraft von je 100 t am hinteren, überragenden Ende des Trägers der Träger mit Lagerbock gekippt, so daß das Widerlagergelenk zur Wirkung kommt und infolge einer gleichzeitigen wagerechten Bewegung auf das Scheitelgelenk sich schließt.

Zum Antrieb dienen je ein Elektromotor an beiden Seiten einer Schnecke, die durch Schneckenrad- und Zahnradübertragung auf die in den Zahnkranz an der unteren Fläche der Hauptträger eingreifende Antriebachse wirkt. Ein Motor allein reicht aus, um die Brücke bei 15 kg/cm² Winddruck zu bewegen, der andre dient als Aushilfe, wird aber stets mitgebraucht. Die Gründung der Pfeiler ist mit Hilfe von Eisenbeton-Senkkästen im Druckluftbetrieb gedacht.

Der Verbindung der Brücke mit den Kaistraßen sollen auf der Kopenhagener Seite eine nördliche und eine südliche Rampe, die für Packhäuser mit Schienenanschluß auszunutzen sind, auf der Amagerseite je zwei Aufzüge für Wagen an der Nord- und Südseite mit Richtungsbetrieb, außerdem je ein Personenaufzug für 25 Personen an jeder Brückenseite dienen. Der letzte Teil der Brückenanlage vom Artillerieweg bis zum Straßenknotenpunkt soll als Erdrampe ausgeführt werden.

Für den Eisenbahnübergang ist noch ein andrer, allerdings erheblich teurerer Entwurf mit nur zwei Zwischenpfeilern und Dreigelenkbogen mit angehängter Brückenbahn vorgeschlagen.

Abb. 9 a. Hauptentwurf „Entschluß“, Hafenbrücke

Abb. 9. Systemskiz

Abb. 10
Erster Nebenentwurf der Hafenbrücke der MAN mit einer Klappbrücke in der Mitte

Abb. 11
Zweiter Nebenentwurf der Hafenbrücke der MAN mit Hubbrücke in der Mitte

Abb. 9 bis 14
Entwurf „Entschluß“, eingereicht von der MAN

Abb. 12
Querschnitt durch eine Seitenöffnung des Hauptentwurfes „Entschluß“

Entwurf „Entschluß“

Die Brücke ist zwar ebenfalls rechtwinklig zum Hafen angeordnet, Abb. 1, aber 275 m südlicher, als von der Stadtbehörde vorgeschlagen. Der Südkai des Gaswerkhafens bleibt zum Anlegen von Schiffen benutzbar. Die gesamte Rampenanlage und die Straßenanschlüsse auf beiden Seiten erhalten eine symmetrische Gestalt, und es ergibt sich auf der Amagerseite eine bequeme Verbindung zwischen Brücke und Kaistrecken durch Rampen. Auf der Kopenhagener Seite führen zwei Zugänge zur Hafenbrücke, ein nördlicher als gerade Verbindungslinie zwischen dem Straßenknotenpunkt der Dybbølsgade und dem Westende der Hafenbrücke, und ein südlicher — erst später auszuführender — in gerader Linie zur Vasbygade. Die beiden östlich des Eisenbahngeländes vorhandenen Rampen werden umgebaut und zu beiden Seiten in die neue Anlage eingeführt, die südliche ist nur als vorläufige Anlage gedacht, bis der Zugang von der Vasbygade zur Ausführung gelangt ist. Von den drei Zugängen auf der Amagerseite soll zunächst ebenfalls nur einer, der nördlichste vom Artillerieweg, sofort ausgeführt werden, die andern beiden erst mit fortschreitender Bebauung.

Für den Hauptteil der Anlage, die Hochbrücke über den Hafen, sind ein Hauptentwurf und zwei Nebenentwürfe eingereicht. Der Hauptentwurf sieht fünf Brückenöffnungen vor, symmetrisch zur Hafenachse, Abb. 9 und 9a. Die mittelste Öffnung wird von dem beweglichen Teil ausgefüllt, die angrenzenden Öffnungen reichen bis zu einem Pfeiler in 18 m Abstand von der Kaikante, und für die Lage der Landwiderlager ist die Baufluchtlinie auf der Amagerseite maßgebend gewesen. Das Ganze wird durch ein vollwandiges Blechträgersystem überspannt, in das sich die Blechträger der zweiflügeligen Klappbrücke als Mittelstück einfügen.

Die Hauptträger sind nicht nach dem Programm über die Fahrbahn gelegt, sondern ragen nur bis zur Geländerhöhe über die Brückenbahn hinaus. Dadurch wird die Durchfahrhöhe unter der Brücke etwas beschränkt, jedoch nur um 0,70 m. Die lange, leicht gekrümmte Linie der Hauptträger ohne Unterbrechung durch andre Konstruktionsteile soll dem Ganzen eine ruhige, würdige Erscheinung geben, ein Ziel, dem sogar Opfer auf Seite der Wirtschaftlichkeit der Konstruktion gebracht wurden.

Der erste Nebenentwurf, Abb. 10, zeigt nur zwei Seitenöffnungen, die durch Bogen mit Versteifungsträgern (Langersche Träger) überspannt werden. Die Endwiderlager stehen in 18 m Abstand von den Kailinien. Da die Hauptträger über der Fahrbahn liegen, bleibt die Durchfahrthöhe unter der Brücke völlig frei. Die Hauptträger der Klappbrücke erhalten die gleiche Höhe wie die Versteifungsträger der Bogen. Im zweiten Nebenentwurf, Abb. 11, ist statt einer Klappbrücke eine Hubbrücke gewählt. Dadurch werden hohe Türme erforderlich, und die

der Brücke, Entwurf „Entschluß“, eingereicht von der MAN und Christiani & Nielsen

Abb. 13 und 14
Zweiflügelige Klappbrücke des Hauptentwurfes „Entschluß"

Abb. 14. Querschnitt

auch hier vorgesehenen beiden Seitenöffnungen wurden deshalb durch Hängebrücken mit Versteifungsträgern überspannt.

Die Brücke über das Eisenbahngelände paßt sich der Hafenbrücke an. Dementsprechend ist im Hauptentwurf eine Brücke mit fünf Öffnungen und darüber ein durchgehender Blechträger, im ersten Nebenentwurf eine solche von drei Öffnungen mit einem versteiften Bogen in der Mitte und Blechträgern von gleicher Höhe wie der Versteifungsträger in den Seitenöffnungen, im zweiten Nebenentwurf eine Blechträgerbrücke von fünf Öffnungen vorgeschlagen. Für beide Brücken ist Eisenkonstruktion aus hochwertigem Baustahl in Aussicht genommen.

Die vollwandigen Blechträger des Hauptentwurfes über den vier seitlichen Öffnungen von 87,5 und 68 m Spannweite sind als Gerberträger mit einem Gelenk in der wasserseitigen Öffnung in 24 m Abstand vom Landpfeiler ausgebildet. Die Trägerhöhe beträgt über dem Landpfeiler 7,0 m, am Widerlager- und am Klappbrückenpfeiler 3,5 m. Die Entfernung der Hauptträger beträgt von Mitte zu Mitte 17,3 m. Der Hauptträgerquerschnitt, Abb. 12, zeigt zwei 0,9 m von einander entfernte Stehbleche mit Querblechversteifung dazwischen und aufgelegten Deckblechen von 1,30 m Breite, von denen das untere einen Spalt von 40 mm hat.

Die Fahrbahn besteht aus einer Eisenbetonplatte über Längs- und Querträger mit Holzpflaster darauf. In der Untergurtebene liegt ein Windverband, während in der Fahrbahnebene die Eisenbetonplatte die wagerechten Kräfte aufnimmt. Der Zusammenbau kann in den äußeren Öffnungen auf festen Gerüsten vorgenommen werden, in den wasserseitigen Öffnungen z. T. freitragend, z. T. ebenfalls auf festen Gerüsten oder durch Einfahren des auf schwimmender Rüstung zusammengebauten Brückenteils der wasserseitigen Öffnung.

Beim Nebenentwurf 1 ist der Versteifungsträger von 3,3 m Höhe ebenfalls ein doppelwandiger Blechträger, dessen Oberkante in Geländerhöhe liegt. Ein oberer Verband zwischen den Bogen ist aus Schönheitsrücksichten nicht vorgesehen, nur zwei Versteifungsriegel.

Das Traggerüst der Hubbrücke des zweiten Nebenentwurfes ist ein auf den Pfeilern eingespannter oder auf Gelenken gelagerter Rahmen. Die Lamellenkette mit Augenstäben der seitlichen Hängebrücken geht durch den Querriegel des Rahmens hindurch und ist in den Landwiderlagern verankert. Die durch Gegengewichte ausgewuchtete Hubbrücke ist an je 12 Seilen von 40 mm Dmr. an allen Ecken aufgehängt, über die Seilscheiben auf dem Querriegel des Rahmens laufen und durch Ausgleichhebel zur gleichmäßigen Lastverteilung verbunden sind. Zum Heben dienen zwei Windwerke, je eines oben und unten, die durch Elektromotoren angetrieben werden, wobei das Hubseil sich auf die Trommel auf- und von dieser zum Gegengewicht abwickelt. Durch elektromagnetische Backenbremsen kann die Brücke in jeder Stellung festgehalten werden.

Die Klappen der zweiflügeligen Klappbrücke des Hauptentwurfes, Abb. 13 und 14, sind um feste Achsen drehbar. Ihr Gewicht ist durch bewegliche an der rückwärtigen Verlängerung angebrachte Gegengewichte ausgeglichen. Die Brücke wird durch Eingreifen auf den Gegengewichten gelagerter Ritzel in Zahnstangen, die im Pfeiler gelenkig eingehängt sind, bewegt. Die beiden Zahnstangenritzel werden durch ein auf dem Gegengewicht angebrachtes und mittels Elektromotors bewegtes Windwerk angetrieben, aber auch Handantrieb ist vorgesehen. Die geschlossene Brücke wird in der Mitte derart verriegelt, daß beide Klappenenden auf gleicher Höhe liegen und ein gleichmäßiges Tragen beider Hälften gesichert ist.

Die Pfeilergründung ist geplant durch Eisenbeton-Senkkästen mit behelfsmäßigem Holzboden, die nach Absetzen und Entfernen des Holzbodens unter Wasser soweit ausbetoniert werden, daß Wasserauspumpen und Aufbau im Trocknen möglich wird.

Abb. 15. Ansicht der Hafenbrücke

Abb. 15 bis 18. Entwurf „Alfa“, eingereicht von der Firma Flender A.-G., Benrath

Die Rampen bestehen auf beiden Seiten der Hafenbrücke aus einer Reihe von Packhäusern, deren Bedachung von der Brückenfahrbahn gebildet wird, und aus anschließenden Erddämmen mit Eisenbetonstützmauern. Bei Straßenunterführungen sind Eisenbeton-Bogenbrücken vorgesehen. Zwischen Brücke und Kaistrecken sollen in den Brückenköpfen der Hafenbrücke wie in dem Pfeiler am Gaswerkhafen Treppenverbindungen geschaffen werden.

Entwurf „Alfa“

Die gesamte Brückenanlage ist in Eisenkonstruktion gedacht. Die Lage der Brücke entspricht nicht ganz der von der Stadtverwaltung vorgeschlagenen insofern, als sie etwas westlich verschoben ist, um die vorhandene Dybbøls-Brücke beibehalten zu können. Die Hafenbrücke besteht aus Langerschen Bogenträgern über den beiden seitlichen Öffnungen von je 90,3 m Stützweite und einer Klappbrücke über der mittleren Öffnung, die zugleich in der Mitte zwischen den Kailinien des Hafens liegt, Abb. 15. Der untere Vollwandträger ist unterhalb der Fahrbahn derart angeordnet, daß er mit den Hauptträgern der anschließenden Rampenbrücke ein durchlaufendes Band darstellt.

Die Klappbrücke ist zweiflügelig nach der Bauart Scherzer geplant. Die gegenseitige Verriegelung ist so ausgebildet, daß die Klappenträger in geschlossenem Zustand einen Balken auf zwei Stützen bilden. Die Klappen werden mittels Rollsegmente in der Ebene der Hauptträger und wagerechter Zahnstangen in Verbindung mit einem festgelagerten Zahnradvorgelege, die in den Achsen der Rollsegmente angreifen, bewegt, Abb. 16. Der Schwerpunkt der Klappe liegt in der Achse der Rollsegmente. Ein umsteuerbarer Elektromotor mit 44 kW Leistung für 45 min Dauer bei 600 Uml./min, der über vier Vorgelege auf die Zahnstange wirkt, bildet den Antrieb. Plötzlich auftretende starke Stöße werden durch eine Lastdruckbremse

Abb. 16
Drehpunkt der Klappbrücke, Entwurf „Alfa“

am dritten Vorgelege aufgenommen. Im übrigen ist eine Motorbremse vorgesehen. Für den Notfall ist Handbetrieb mittels Tummelbaumes möglich. Vorendausschalter verlangsamen, Endausschalter begrenzen die Bewegung der Klappe.

Die Rampenbrücken haben aus architektonischen Gründen mit der Höhe wechselnde Stützweiten. Über dem Eisenbahngelände sind die Pfeilerstellungen so gewählt, daß möglichst geringe Gleisveränderungen nötig wurden. Die Fahrbahn aus Beton von 10 cm Dicke auf Belageisen wird von Querträgern getragen und diese wieder von fünf unterhalb der Fahrbahn liegenden vollwandigen Hauptträgern. Die Hauptträger, Abb. 17 und 18, bilden mit den Stützen zweistielige Rahmen mit Kragarmen, d. h. sie sind als Schwebeträger zwischen diese eingehängt. Die kleineren Öffnungen sind durch Gelenkträger auf Pendelstützen mit zwei Endportalen überbrückt. Zur Verbindung mit dem Hafengelände dienen an beiden Hafenufern Aufzüge von 25 t Tragfähigkeit.

Die beiden Nebenentwürfe „Rollo“ und „Flugt“ unterscheiden sich von „Alfa“ nur darin, daß der Entwurf „Rollo“ für die Hafenbrücke einen leichten Sichelzweigelenkbogen mit Zugstange und großer Pfeilhöhe teils über, teils unter der Fahrbahn, der andre Entwurf einen in der Fahrbahn durchlaufenden, durch eine Kette versteiften Balken über zwei Öffnungen vorsieht.

Richtlinien bei der Beurteilung

Der Beurteilungsausschuß hat bei der Beurteilung außer auf Zweckmäßigkeit und Güte der Konstruktion, Aussehen, Einordnung in die Umgebung, Kosten, besonders auf die Verbindung der Brückenanlage mit den Kaiflächen und den Anschluß an die Straßenkreuzung der Dybbølsgade, ferner auf die Lösung der Überbrückung des Eisenbahngeländes sowie der Hafenbrücke Wert gelegt. Den Vorzug haben solche Lösungen erhalten, die das Eisenbahngelände mit möglichst wenig Pfeilern und geringer Konstruktionshöhe überbrücken, die über dem Hafen die freie Durchfahrt in der ganzen Breite möglichst wenig beschränken und die keine Rampentürme oder ähnliches statt eines Rampenabstieges vorsehen.

Bei dem Entwurf „1925“ sind im besonderen die gewählten Brückenkonstruktionen und Anschlüsse, ferner der Vorschlag für den Bauvorgang, beim Nebenvorschlag — Rampen auf beiden Hafenseiten und Bogenträger — auch das Aussehen als günstig hervorgehoben.

Der Entwurf „Entschluß“ ist zwar nicht als für die Ausführung unmittelbar geeignet bezeichnet worden, wegen der zu ausgedehnten Rampenanlage und deren Ausnutzung als Packhäuser, die Brückenlösung selbst aber, besonders die der Hafenbrücke, und zwar in allen drei Ausführungsformen, ist hinsichtlich der konstruktiven Bearbeitung wie namentlich in ästhetischer Beziehung sehr lobend beurteilt worden.

Abb. 17 und 18
Hauptträger und Querschnitt einer Seitenöffnung der Hafenbrücke, Entwurf „Alfa“

In dem Entwurf „Regenbogen“ in Eisenbeton mit dem Nebenvorschlag dreier Dreigelenkbogen sieht der Beurteilungsausschuß eine gute, wirtschaftliche Lösung, bei der die einzelnen Brückenabschnitte, besonders die über den Kaiflächen, gut ausgearbeitet und gefällig gestaltet, die Rampen als Packhäuser mit Gleisverbindung gut ausgenutzt und die Aufzugverbindungen praktisch angeordnet sind. Bemängelt wird im wesentlichen die große, den freien Überblick hindernde Zahl der Pfeiler auf dem Eisenbahngelände und die Erschwerung der Eisenbahnverbindung zwischen dem Bahngelände und der Kalvebod-Brücke durch die südliche Rampe.

Der Entwurf „Alfa“ hat ebenfalls wegen der vielen Unterstützungen auf dem Eisenbahngelände, ferner wegen der Aufzuganlage nicht genügt. Dagegen wird anerkannt, daß der Entwurf gut durchgearbeitet ist und viele gute Konstruktionen bietet, auch hinsichtlich der Hafenbrücke eine wirtschaftliche und gefällige Lösung darstellt. Bu. [B 2476]

Kleindampfmaschine mit einfacher Steuerung

Eine grundlegende Neuerung auf dem Gebiet der Dampfmaschinensteuerungen stellt eine Kleindampfmaschine[1]) dar, die mit einer besonders einfachen Steuerung arbeitet. Diese neue Bauart ermöglicht, Maschinen von ganz kleiner Leistung wirtschaftlich herzustellen.

Abb. 1 zeigt eine Bauart der neuen Maschine; diese eignet sich insbesondre für den Antrieb der Ventilatoren an Wandlufterhitzern, kleinen Trockenanlagen u. dergl., wo die Abdampfwärme der Maschine gleich für Heizzwecke ausgenützt werden soll. Die Maschine leistet 1,2 PS bei 1400 Uml./min und einem Dampfüberdruck von rd. 6 at. Ihr Gewicht beträgt 30 kg, ist also geringer als das eines gleichstarken Gleichstrom-Elektromotors. Hervorzuheben ist die hohe Drehzahl der Maschine, die bis auf 2000 Uml./min steigen kann.

[1]) Hersteller: Resonanz-Dampfmotor-G. m. b. H., Sulzbach, Oberpf.

Abb. 1
Kleindampfmaschine der Resonanz-Dampfmotor-G. m. b. H.

Abb. 2
Steuerung der Kleindampfmaschine

Die außerordentliche Einfachheit der Steuerung, eine Hauptbedingung für die wirtschaftliche Ausführbarkeit so kleiner Maschinen, ist aus Abb. 2 zu erkennen. Die Maschine wird stehend, einfachwirkend und mit Auspuffschlitzen wie eine Gleichstrom-Dampfmaschine ausgeführt. Die Einlaßsteuerung hat keinerlei mechanischen Antrieb. Das Steuerorgan besteht nur aus zwei beweglichen Teilen, einem kleinen in einer Steuerbüchse laufenden Steuerkolben und einer Steuerfeder.

Durch den Druck der Verdichtung wird der Steuerkolben gegen den Federdruck gehoben. Die Steuerfeder ist so eingestellt, daß der Steuerkolben, der infolge der Massenkraft von Steuerkolben und Feder weiter durchschwingt, die Dampfeinlaßschlitze freigibt. Damit beginnt der Arbeitshub. Die Füllungsdauer der Maschine ist dadurch gegeben, daß der Kolben beim Zurückschwingen der Feder die Dampfeintrittschlitze schließt.

Einen Regler braucht die Maschine für die angegebene Anwendung nicht, da die Steuerung bei steigender Drehzahl schließlich in Resonanzschwingungen gerät, die das Überschreiten der Drehzahl verhindern. Durch die Spannung der Feder und das Gewicht des Steuerkolbens läßt sich demnach das zu beherrschende Drehzahlgebiet genügend genau festlegen.

Selbstverständlich kann man an die Maschine in dieser einfachen Ausführung keine Ansprüche mit Bezug auf geringsten Dampfverbrauch stellen, was aber auch für Heizzwecke zumeist garnicht erwünscht ist.

[M 2289] M. Neitzel

Berichtigung

Wärmeaustauschverluste in Lokomotivzylindern

In dem Aufsatz von Dr.-Ing. Fritz Loewenberg in Z. Bd. 71 (1927) Nr. 1 muß es auf S. 16, linke Spalte, Zeile 21, heißen:

$$(G_r + G_f)\,u_3 + L_{3-4} - Q_{3-4} - (G_r + G_f)\,u_4 = 0 \quad . \quad (3)$$

Das Glied $-Q_{3-4}$ ist also hinzuzufügen. [N 176]

Die thermische Speisewasseraufbereitung

Von R. Blaum, Bremen

Grundlegende Fragen der thermischen Speisewasseraufbereitung — Anforderungen auf Schiffen und bei Landkraftwerken — Ausgeführte Anlagen — Einbaumöglichkeiten

Die Bestrebungen zur Verbesserung der Wärmewirtschaft in großen Kraftwerken und im Schiffsbetrieb haben die Frage der Speisewasseraufbereitung stark in den Vordergrund geschoben. Hierfür waren zwei Gründe maßgebend:

1. Die Erhöhung der Kesselspannung und Kesselleistung setzt voraus, daß keinerlei Kesselsteinablagerungen entstehen können. Schon bei Kesseldrücken von 16 at abs an erhöht die Verschmutzung der Kessel durch Kesselstein, auch bei chemisch vorgereinigtem Wasser, die Betriebs- und Erhaltungskosten in solchem Maße, daß Abhilfe geschaffen werden mußte.

2. Mit zunehmendem Betriebsdruck wurde eine besonders sorgfältige Entgasung des Kesselspeisewassers notwendig; diese ist aber nur auf thermischem Wege möglich.

Hinweise auf die unter 1. und 2. erwähnten Erscheinungen sind in der Literatur der letzten Jahre reichlich vorhanden[1]). Es erübrigt sich daher eine besondere Erörterung an dieser Stelle.

Alle Schwierigkeiten, die durch die Verunreinigung der Kessel entstehen, sind beseitigt, wenn man dafür sorgt, daß nur völlig reines und entgastes Wasser in die Kessel kommt. Daß sich, unabhängig von der Frage, ob sich dies chemisch oder nur durch Destillation am besten erreichen läßt, diese Ansicht in der Praxis stark durchgesetzt hat, beweist neben dem ständig zunehmenden Einbau von Verdampferanlagen in großen Kraftwerken aller Industrieländer der Umstand, daß seit einigen Jahren auch Werke, die Hochdruck- und Mitteldruckanlagen haben, ohne weiteres dazu übergegangen sind, ihre Hochdruckkessel nur mit Kondensat zu speisen, während sie lediglich den weniger empfindlichen Mitteldruckkesseln chemisch gereinigtes Zusatzwasser zuführen.

Die Forderung, nur Destillat als Zusatzwasser zu verwenden, stieß sehr oft auf den Einwand, daß die Kosten für die Erzeugung des Destillates, besonders die angeblich damit verbundenen Wärmeverluste, nicht im richtigen Verhältnis zu den erzielten Ersparnissen ständen. Solange man nun bei Landkraftanlagen die Speisewasservorwärmung vor allem den Rauchgasvorwärmern überließ, war eine Einschaltung der Verdampfer in die gesamte Wärmewirtschaft der Kraftwerke nicht immer mit dem besten Nutzeffekt möglich. Es wurde bemängelt, daß der Verlust an Rauchgaswärme, der durch das geringe Temperaturgefälle zwischen Abgasen und dem schon ziemlich heiß in die Rauchgasvorwärmer eintretenden Wasser bedingt wurde, zu groß wäre. Inzwischen sind aber durch Einführung der Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf und der Luftvorwärmung durch die Heizgase auch diese Bedenken beseitigt.

Das Verdampfen von Rohwasser zum Zwecke, Kesselspeise-Zusatzwasser zu erzeugen, stammt aus dem Schiffsbetrieb und galt dort lange Jahre hindurch gewissermaßen als ein Notbehelf für den Fall, daß das mitgeführte Frischwasser in den Tanks nicht ausreichte. Die Verdampfer, die mit Frischdampf von rd. 9 bis 10 at abs beheizt wurden, waren wärmewirtschaftlich wenig glücklich eingebaut und erforderten sehr viel Bedienung. Mit Abdampf beheizte Verdampfer wurden zwar oft empfohlen, haben sich aber in nennenswertem Maße nicht eingeführt. Die Betriebsbedingungen, die an Bord der Schiffe für Verdampfer bestanden, sprachen also nicht dafür, das Verdampfverfahren auch auf Landanlagen zu übertragen. Erst in den letzten sechs Jahren ist auch im Schiffsbetrieb ein Umschwung eingetreten.

Trotzdem wurden bereits vor 15 Jahren in Deutschland die ersten Verdampfer in Kraftwerken aufgestellt und mit sehr gutem Erfolg betrieben. Seitdem hat auf diesem Gebiet eine Sonderentwicklung eingesetzt, die zu besonderen Bauarten geführt hat. Erwähnt muß werden, daß bereits bei einer der ersten Landverdampferanlagen auch die thermische Entlüftung oder Entgasung des Speisewassers mit in Betracht gezogen wurde. In der ersten Druckschrift, die wohl in Deutschland über diese Frage veröffentlicht wurde, ist hierauf auch besonders hingewiesen[2]).

Kurz nach dem Krieg erkannte man auch, daß an Bord von Schiffen eine thermische Speisewasseraufbereitung möglich sein müsse, bei der man die früheren Nachteile vermeiden und mit Sicherheit ein Speisen der Kessel ausschließlich mit Destillat erreichen könne.

Die Speisewasseraufbereitung sowohl auf Schiffen wie in Kraftwerken hängt eng mit der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Dampfbetriebe zusammen. Die Entscheidung, ob in der Schiffahrt der Dampfbetrieb, namentlich bei höheren Kesseldrücken, mit dem Motorantrieb erfolgreich in Wettbewerb treten kann, wird in hohem Maße von der Betriebsicherheit der Kessel und damit auch von der Speisewasseraufbereitung abhängen.

Die grundlegenden Fragen der thermischen Speisewasseraufbereitung für **Schiffsanlagen** und für **Landkraftwerke** seien deshalb nachstehend besprochen.

[1]) Vergl. „Electrical World" Bd. 86 (1925) S. 841; „Power" Bd. 63 (1926) S. 844; „Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 755; desgl. Bd. 68 (1925) S. 534; „Die Wärme" Bd. 48 (1925) S. 581; Z. Bd. 69 (1925) S. 896 u. 1284.

[2]) Veröffentlichungen der Atlas-Werke 1914: „Neuere Mittel zur Vermeidung von Korrosionen an Dampfturbinen und Kesseln".

Abb. 1
Abdampfverdampfer für Schiffe, Bauart Atlas-Werke, Heizdampf 1,5 at, Brüdendampf 0,2 at

a Rohwasservorwärmer
b Verdampfer
c Heizschlangen
d Schwimmerregler für Wasserstand
e Speise- und Laugenpumpe
f Regulierventil für Pumpendampf

Abb. 2
Zweistufige Vorwärmeranlage für ein Doppelschraubenschiff

a Rohwasservorwärmer
a_1 Verdampferspeisepumpe
b Abdampfverdampfer
c Mischvorwärmer-Entlüfter
d Lichtmaschine
e Luft- und Kondensatpumpen
f Warmwasserkasten
g Kondensatförderpumpen
h Speisepumpen
i Speisewasserfilter
k Oberflächenvorwärmer

Speisewasseraufbereitung auf Schiffen

Im Schiffsbetrieb war es lange Jahre Brauch, das im Betrieb verlorengegangene Speisewasser durch Süßwasser zu ersetzen, das im Doppelboden mitgeführt wird. Die Schiffe sorgten dafür, möglichst weiches Wasser zu erhalten, und hatten in den verschiedensten Häfen, die sie anliefen, hierzu meist Gelegenheit. Es war jedoch Vorschrift, daß jedes Schiff Verdampfer zur Erzeugung von Süßwasser mitführte, die man aber nur in Notfällen benutzte. Als Heizdampf verwendete man Frischdampf von rd. 8 at bei rd. 2 at Druck im Verdampfer, also einer Verdampftemperatur, bei der ein sehr starkes Ausscheiden der Salze und Festbrennen des Kalkes auf den Heizröhren eintrat. Der Wirkungsgrad der Verdampfer ging mit der Verschmutzung schnell zurück. Wenn man nicht vorsichtig arbeitete, so kochten die Verdampfer leicht über, und es wurde Salz mit in die Kessel gerissen. Abgesehen von den Unbequemlichkeiten der Bedienung brachte dieses Verdampfen auch große Wärmeverluste, weil für 1 kg reines Wasser mindestens 1,2 kg Frischdampf als Heizdampf aufgewandt und der erzeugte Brüdendampf in der Regel in den Kondensator geleitet wurde, wo seine latente Wärme nutzlos verloren ging. Der Vorschlag, die Verdampfer statt mit hochgespanntem Frischdampf mit Abdampf der Hilfsmaschinen zu heizen, wurde verschiedentlich schon vor dem Kriege gemacht, ist aber eigentlich kaum durchgeführt worden. Nach dem Kriege wurde das Interesse an wärmewirtschaftlichen Verbesserungen auch in der Schiffahrt sehr lebhaft. Die Abdampfverdampfer, Abb. 1, fanden rasch Eingang, weil einmal bei den jetzt mit Abdampf bis 1,5 at Überdruck beheizten Verdampfern eine erhöhte Kesselbelastung durch das Verdampfen nicht eintrat und weil ferner der in den Verdampfern erzeugte Brüdendampf in Vorwärmern niedergeschlagen und sein Wärmeinhalt so dem Speisewasser zugeleitet wurde. Um dies durchzuführen, durfte man natürlich nicht mehr nur in Notfällen verdampfen, sondern mußte die Anlage so bauen, daß sie ständig mit der gesamten Schiffsanlage in Betrieb blieb.

Die Folge war, daß man keine großen Wassermengen für die Kesselspeisung mehr mitzuführen brauchte, weil die Abdampfverdampfer ständig das verlorene Wasser wiedererzeugten. Das Mitführen von Wasser in den Tanks hatte auch den wirtschaftlichen Nachteil, daß dadurch die Ladefähigkeit des Schiffes verringert wird. Auch verursacht fast jedes Leitungswasser, das in den Tanks mitgenommen wird, K e s s e l s t e i n a n s ä t z e, so daß regelmäßiges Abblasen und Kesselreinigen in verhältnismäßig kurzen Zwischenräumen notwendig sind. Kesselreinigungen sind mit Wärmeverlusten und Kosten verbunden, und verschmutzte Kessel verringern den Wirkungsgrad. Alle diese Schwierigkeiten werden vermieden, wenn der im Schiffsbetrieb stets in reicheren Mengen vorhandene Abdampf ständig zur Erzeugung von destilliertem Wasser benutzt wird und die Kessel nur mit solchem betrieben werden.

Diese Erkenntnis hat sich für Handelsschiffe in den letzten Jahren ziemlich durchgesetzt und wird sich weiter durchsetzen müssen, weil mit zunehmendem Kesseldruck und besonders bei Verwendung von Wasserrohrkesseln die Forderung, nur Destillate zu speisen, unbedingt erfüllt werden muß. Der wärmetechnisch richtige Einbau der Verdampfer ist natürlich zu beachten. Am besten löst sich die Frage bei zweistufiger Vorwärmung, Abb. 2, bei der eine Hilfsdampfleitung hohen und eine solche niedrigen Druckes vorhanden ist. Den Abdampf der meisten Hilfsmaschinen hält man so hoch, daß man den Verdampfer und einen Oberflächenvorwärmer damit speisen kann, während der Brüdendampf aus dem Verdampfer in den Mischvorwärmer geht, gewöhnlich zusammen mit dem Abdampf der Lichtmaschine. Die Vorwärmung kann bei solchen Anlagen leicht auf 120 bis 130° gebracht werden; dies ist schon deswegen stets wirtschaftlich, weil man die Hilfsmaschinen, um Raum und Gewicht zu sparen, mit Abdampfkanälen baut, die für niedrig gespannten Abdampf zu eng wären; ferner verlangt niedrig gespannter Dampf sehr große, teuere und schwere Rohrleitungen, die die Baukosten und das Schiffsgewicht ungünstig beeinflussen. Bei Gebrauch der Winden zum Löschen und Laden kann der Windenabdampf zum Heizen der Verdampfer dienen. Man erzeugt dabei Vorratwasser, um in den Tanks immer einen gewissen kleinen Vorrat an destilliertem Wasser mitführen zu können.

Die Entlüftung des Wassers wird am wirksamsten durch Mischvorwärmer erreicht, gelegentlich auch durch Entlüftungshauben, die an den Oberflächenvorwärmern angebaut sind.

Der weitgehenden Entgasung des gesamten Speisewassers auf Schiffen widmet man zur Zeit noch keine sehr große Aufmerksamkeit. Bei dem noch vorherrschenden Betriebsdruck von rd. 15 at und dem durch den Hilfsmaschinenabdampf stets etwas ölhaltigen Kondensat sind auch besondere Schäden durch Anrostungen im allgemeinen nicht zu beobachten. Mit zunehmendem Kesseldruck wird man jedoch dieser Frage mehr Beachtung schenken müssen, weil sich mit zunehmenden Temperaturen auch die noch vorhandenen geringen im Wasser gelöst enthaltenen Gasmengen (Sauerstoff und Kohlensäure) in stärkerem Maße ausscheiden und Anfressungen zur Folge haben. Auch ist zu berücksichtigen, daß Wasserrohrkessel ihren Wasserinhalt viel rascher verdampfen als gewöhnliche Schiffskessel; auch aus diesem Grund ist die Luftzufuhr größer. Es ist eine irrige Annahme, daß bei guter, gleichbleibender Luftleere keine Luft im Kondensat mehr enthalten sei. Ganz abgesehen von der durch Undichtheiten an den Saugstopfbüchsen der Pumpen zutretenden Luft ist auch das Kondensat in dem Zustand, in dem es den Kondensator ver-

ıßt, nicht ganz frei von gelöster Luft, selbst wenn die .uftleere gleichmäßig gut ist. Zur Prüfung dieser Frage ·urde folgender Versuch gemacht. Bei völlig dichter .bdampfleitung wurde der Sauerstoffgehalt hinter dem .ondensator gemessen. Er betrug 0,08 g/m³ bei einer ıittleren Luftleere von 84 vH und 51° Kondensattem- eratur. Dann wurde der Abdampfleitung durch Meß- üsen Luft zugesetzt. Sofort stieg der Luftgehalt im Kondensat auf 0,16 g/m³, während die Luftleere nur lang- am auf 83 vH fiel, Abb. 3.

Bei weiterem Luftzusatz blieb das Vakuum bei 83 vH tehen, bis der Sauerstoffgehalt im Kondensat auf .22 g/m³, also fast das Dreifache des Anfangswertes, ge- tiegen war. Bei 80 vH Luftleere stieg der Luftgehalt ogar bis auf 0,8 g/m³. Ein gleicher Versuch bei 91 vH .uftleere ergab noch höheren Luftgehalt, Abb. 3. Die 'ersuchsergebnisse beweisen, daß bei undichten Abdampf- itungen ein Teil der eingesaugten Luft vom Wasser bsorbiert wird. Auch die auf diese Weise eintretenden .uftmengen können schon schädliche Einflüsse haben; ıre Beseitigung durch Entgasen des gesamten Konden- ates ist bei Höchstdruckkesseln unerläßlich.

Sehr wichtig ist die Frage der Reinigung der Ver- ampfer. Da es sich auf Schiffen immer um Seewasser, lso um gleichartiges Wasser, handelt, sind die Bedingun- en, die ein Niederschlagen und Festbrennen von Salz usschalten, sicher einzuhalten, wenn man dafür sorgt, aß die Temperatur im Verdampfer 120° nicht über- chreitet.

Der in Abb. 1 wiedergegebene Verdampfer kann na- ürlich auch, wenn mit sehr niedrig gespanntem Heizdampf efahren werden soll, als Vakuumverdampfer arbeiten.)ann muß aber der erzeugte Dampf in den Kondensator eschickt werden, und seine latente Wärme geht verloren.)ies ist notwendig, wenn der Abdampf der Hilfs- ıaschinen im Verhältnis zum gesamten Speisewasser in olchen Mengen zur Verfügung steht, daß seine Wärme ıicht ohne weiteres im Speisewasser aufgenommen wer- len kann. Bei Handelsschiffen wird dies kaum der Fall ein, da durch die zweistufige Vorwärmung, Abb. 2, lie Abdampfwärme leicht ausgenutzt werden kann. Bei Torpedobooten und Kriegsschiffen kann man in solchen Fällen durch Verbundschaltung, bei der der zweite Ver- lampfer mit Unterdruck arbeitet, die Ausnutzung des Abdampfes verbessern und die Wärmeverluste z. T. ver- neiden. Auch die nach dem sogenannten Umwälz- verfahren arbeitenden Vakuumverdampfer müssen an den Kondensator angeschlossen werden; bei diesen ist auch ler Gedanke ausschlaggebend, bei möglichst niedriger Temperatur zu verdampfen.

Aus vorstehenden Ausführungen geht hervor, daß Kesselspeisung ausschließlich mit destilliertem Wasser an Bord leicht möglich und wärmetechnisch und wirt- schaftlich durchaus richtig ist. Den Wärmeverlauf gibt las Wärmeschaubild, Abb. 4, wieder.

Speisewasseraufbereitung für Landkraftwerke

Während es sich bei ganz großen Schiffsanlagen um Verdampferleistungen von höchstens 5 bis 6 t/h handelt, sind lie Anforderungen, die in Landkraftwerken an Ver- dampfer gestellt werden, der Leistung nach ganz er- heblich höher. Der Wasserverlust in Kraftwerken läßt sich zwar verhältnismäßig erheblich niedriger halten als auf Schiffen. Die ständig umlaufende Kondensat- menge ist jedoch außerordentlich größer als bei Schiffs- anlagen. Außerdem muß man andre Anforderungen, auch hinsichtlich des wärmetechnischen Einbaues, an die Speisewasseraufbereitung stellen, weil es sich in neuzeit- lichen Kraftwerken stets um Hochleistungs-Wasserrohr- kessel handelt, die besonders empfindlich gegen Ver- schmutzung und Luft sind. Die Entgasung hat daher eine ganz besondere Bedeutung.

Wichtig für eine wirtschaftliche Stromerzeugung in Kraftwerken ist eine möglichst hohe Zahl Betriebstunden mit hoher Grundlast. Hierfür ist ein störungsfreier un- unterbrochener Kesselbetrieb bei hoher Belastung der Kessel eine der Grundlagen. Auch dies setzt wiederum sorgfältige Speisewasserpflege voraus.

Abb. 3
Luftgehalt im Kondensat bei künstlichem Luftzusatz in das zum Kondensator führende Abdampfrohr
— — — Versuch bei 91 vH anfänglicher Luftleere = 0,09 at abs
——— desgl. bei 84 vH = 0,16 at abs

Solange man die Speisewasseraufbereitung nur vom Gesichtspunkt der chemischen Reinigung betrachtete, be- stand eigentlich kein Zusammenhang mit der Wärmewirt- schaft des Kraftwerkes. Die thermische Speise- wasseraufbereitung dagegen mußte, wenn sie sparsam arbeiten sollte, in den ganzen Vorwärmerbetrieb mit ein- geschaltet werden. Die Aufgabe der thermischen Speise- wasseraufbereitung ist also, die im Betrieb des Kraftwerkes entstehenden Speise- wasserverluste durch Destillation von Rohwasser unter möglichst geringem Wärmeverbrauch zu ersetzen und gleich- zeitig eine möglichst hohe Vorwärmung und vollkommene Entgasung des gesam- ten Speisewassers zu erreichen. Von der Menge des zu ersetzenden Wassers hängt dabei die wärme- technische und bauliche Lösung stark ab. Wenn es sich um Kraftwerke handelt, bei denen der Wasserverlust 3 bis höchstens 7 vH der umlaufenden Kondensatmenge beträgt, so läßt sich die in dem erzeugten Brüden enthaltene, latente Wärme ohne weiteres an das Speisewasser abgeben, auch wenn der Verdampferdruck niedrig gehalten wird.

Abb. 4
Wärmeschaubild für Vorwärmung mit Abdampf- verdampfer einer Schiffsmaschinenanlage

a Kessel
b Speisepumpe mit Hilfsmaschinen
c Verdampfer
d Rohwasservorwärmer
e Vorwärmer (zweistufige Ver- dampfung)

In gewissem Gegensatz hierzu stehen die Anlagen von industriellen Werken, bei denen oft bis zu 30 vH und mehr des umlaufenden Kondensates zu ersetzen sind, oder bei denen Abdampf von Kochereien, Dampfhämmern und dergl. zu benutzen ist.

Für Kraftwerke, die ausschließlich der Stromerzeugung dienen, seien zunächst einige Beispiele gegeben, die zeigen, daß sich passende Lösungen finden lassen, je nachdem die Kessel noch Rauchgasvorvorwärmer haben oder bereits mit dem Regenerativverfahren und Luftvorwärmung arbeiten.

Der Heizdampfdruck für die Verdampfer soll möglichst niedrig sein, auch beim Anzapfverfahren, damit die Energieverluste, die mit dem Anzapfverfahren verbunden sind, möglichst klein gehalten werden. Anderseits verlangt Niederdruckdampf sehr große Heizflächen, treibt also die Beschaffungskosten in die Höhe. Zwischen diesen beiden Grenzen liegt der wirtschaftliche Verdampferdruck und die Verdampfergröße. Beim Einbau der thermischen Aufbereitung in vorhandene Anlagen ist natürlich oft ausschlaggebend, welche Abdampfmenge ohne Schädigung des Wirkungsgrades vorhandener Anlagen entnommen werden kann. Von dieser Abdampfmenge hängt es ab, ob ein- oder mehrstufige Verdampfer zu empfehlen sind.

a Speisepumpe für den Verdampfer
b Mischvorwärmer und Entgaser I für Rohwasser
c Regler I
d Schwadenkühler
e Filter
f_1 Verdampfer I
f_2 „ II
g Wasserstandregler
h Speisewasserbehälter
i Regler II
k Mischvorwärmer und Entgaser II für Speisewasser
l Förderpumpe für das Kondensat
m Laugenejektor
n Wasserstrahl-Luftpumpe für den Mischvorwärmer II

Abb. 5
Thermische Speisewasseraufbereitung mit Zweistufenverdampfer, Bauart Atlas-Werke

Bevor auf die einzelnen Schaltungsmöglichkeiten eingegangen wird, sei kurz die Wirkungsweise einer thermischen Atlas-Speisewasseraufbereitung beschrieben. Die in Abb. 5 schematisch dargestellte Anlage arbeitet in der Weise, daß das Rohwasser vor dem Eintritt in den Verdampfer f_1 durch einen Mischvorwärmer *b* und einen Filter *e* hindurchgeht. In dem Mischvorwärmer wird es durch den Brüdendampf des Verdampfers bei wiederholtem Umlauf bis zur Entgasungstemperatur vorgewärmt, wobei Sauerstoff und Kohlensäure ausscheiden und die durch Kohlensäure gebundenen Karbonate z. T. ausgefällt werden. In dem nachgeschalteten Filter werden die ausgefällten Stoffe zurückgehalten. Das Wasser tritt bereits mit stark verminderter vorübergehender Härte in den zweistufigen Verdampfer ein; hier wird es bei möglichst niedriger Spannung verdampft. Die Brüden werden dem Mischvorwärmer und Entgaser *k*, durch den das ganze Kondensat fließt, zugeführt und erwärmen das Kondensat. Damit die Entgasung möglichst hoch getrieben wird, wird im Entlüfter ein der Mischtemperatur entsprechender Unterdruck durch Wasserstrahl-Luftpumpen hergestellt[3]). Vom Mischvorwärmer *k* muß das Speisewasser unmittelbar den Kesselspeisepumpen zufließen und darf nicht wieder Gelegenheit haben, mit Sauerstoff in Berührung zu kommen. Der vor den Mischvorwärmer geschaltete Speisewasserbehälter *h* dient dazu, Ungleichheiten im Wasserverbrauch auszugleichen. Ein besonderer Gasschutz ist hierbei überflüssig, da alles Wasser durch den Entgaser fließt, bevor es in die Speisepumpen kommt. Die Wärmemenge, die das Kondensat im Mischvorwärmer aufnehmen kann, hängt von dem Verhältnis der Menge des Zusatzwassers ab. Je geringer diese ist und je höher die Temperatur, mit der das Speisewasser dem Kessel zufließt, gewählt werden kann, um so günstiger ist die Anlage in wärmewirtschaftlicher Hinsicht. Die Menge des Brüdendampfes hängt davon ab, ob ein- oder mehrstufig verdampft wird. Hierdurch werden naturgemäß auch die Beschaffungskosten beeinflußt.

Abb. 6 zeigt ein Schaltbild der dreistufigen Verdampferanlage des Kraftwerkes Harbke der Braunschweigischen Kohlenbergwerke Helmstedt. Mit Rücksicht darauf, daß nur geringe Abdampfmengen zur Verfügung standen und daß die Vorwärmung durch den Rauchgasvorwärme

[3]) DRP Nr. 322 548 Dr.-Ing. P. H. Müller.

Abb. 6
Thermische Speisewasseraufbereitung, Bauart Atlas-Werke, mit dreistufigem Verdampfer; Leistung 7 t/h Destillat und 135 t/h Entgasung von Kondensat

a Mischvorwärmer und Filter I für Rohwasser
b_1, b_2, b_3 Verdampfer
c_1, c_2 Speisepumpen für den Verdampfer
d_1, d_2 Förderpumpen für das Heizdampfkondensat des Verdampfers nach Mischvorwärmer II
e Mischvorwärmer und Entgaser II
f Laugenejektor
g_1, g_2 Wasserstrahl-Luftpumpe für Mischvorwärmer II
h Regler
i Strahlwasserpumpe
k_1, k_2 Speisewasserbehälter

Abb. 7
Thermische Speisewasseraufbereitung mit zwei Zweistufenverdampfern, Leistung 16 t/h Erzeugung von Destillat und 300 t/h Entgasung von Kondensat

a Mischvorwärmer und Entgaser I nebst Filter
b_1 Verdampfer I
b_2 Verdampfer II
c_1 c_2 Rohwasserspeisepumpen
d_1 d_2 Heizdampfkondensat-Förderpumpen
e_1 e_2 Wasserstrahl-Luftpumpe für Mischvorwärmer
f Laugenejektor
g Mischvorwärmer und Entgaser II
h Regler
i Speisewasserbehälter

begrenzt war, wurde eine dreistufige Anlage gewählt, die so geschaltet werden kann, daß auch jeder Verdampfer einzeln oder nur zwei zusammen arbeiten. Die erzeugten Brüden werden in den Mischvorwärmer und Entgaser geleitet. Das Rohwasser ist Grubenwasser sehr schlechter Beschaffenheit. Die Vorwärmung hinter dem Mischvorwärmer beträgt 55°. Der Heizdampf im ersten Verdampfer ist Abdampf einer der Dampfturbinen für die Kesselspeisewasserpumpe und hat 1,5 at Druck. Der Dampfverbrauch der Anlage beträgt 3500 kg/h, von dessen Wärme für den Betrieb nicht mehr als höchstens 8 vH verloren gehen, während der Rest dem Kesselspeisewasser wieder zugeführt wird. Das Kondensat wird mit 55° den Ekonomisern zugepumpt; eine höhere Vorwärmung wurde mit Rücksicht auf diese nicht gewünscht.

Eine doppelte zweistufige Anlage für 16 t/h Leistung, Abb. 7, ist in dem Werk Charlottenburg der Berliner Elektrizitätswerke A.-G. aufgestellt. Zum Vorwärmen des Kondensats im Mischvorwärmer wird außer dem Brüdendampf der Verdampferanlage auch der Abdampf der Turbospeisepumpe und der Kühlwasserpumpe benutzt. Die erzielte Temperatur beträgt 80°, der Heizdampf für die Verdampfer wird den Speisepumpen und dem Regenerativzylinder der Vorschaltturbine entnommen und hat eine Spannung von 3,5 at[4]).

Diese beiden in Abb. 6 und 7 wiedergegebenen Anlagen zeigen, wie man in vorhandene Kraftwerke die thermische Speisewasseraufbereitung einbauen kann. Eine Anlage für ein Kraftwerk, in der die Anzapfdampfvorwärmung vollkommen durchgeführt und eine besondere Vorwärmturbine aufgestellt ist, zeigt Abb. 8; sie ist für 20 t/h Destillaterzeugung und Entgasung von 350 t/h Kondensat bestimmt und besteht aus drei parallel geschalteten einstufigen Anlagen, die zusammen 1500 t Destillat in 24 h erzeugen und dabei 24 000 t Kondensat entgasen. Einen der Verdampfer für 20 t/h Leistung zeigt Abb. 9. Der einer Turbine entnommene Anzapfdampf mittlerer Spannung beheizt den einstufigen Verdampfer und z. T. einen Oberflächenvorwärmer e_1. Der im Verdampfer erzeugte Brüdendampf strömt in einen Mischvorwärmer, dem durch eine Pumpe das gesamte Kondensat zugeführt wird. Außerdem fließt ihm das Kondensat des Verdampfer-Heizdampfes sowie das der Oberflächenvorwärmer e_2 und e_3 zu. Der Verdampfer ist also zwischen die erste und zweite Stufe der Vorwärmung geschaltet; die Endtemperatur des aufbereiteten Speisewassers beträgt 140°.

Die Einschaltung einstufiger Verdampferanlagen in dieser Form hat den Vorteil der Einfachheit gegenüber zwei- und dreistufigen Anlagen, ist aber natürlich nur dann möglich, wenn die Vorwärmanlage die erzeugte Wärme aufnehmen kann.

Reine Entgasungsanlagen baut man oft dann ein, wenn man glaubt, mit chemisch gereinigtem Wasser noch auskommen zu können. Eine gute Entlüftung von chemisch gereinigtem Wasser ist zwar auf thermischem Wege möglich; alle chemisch gereinigten und dann entlüfteten Wasser spalten aber bei höheren Drücken Soda ab, und daraus entsteht wieder Kohlensäure und Ätznatron, die im Kessel Anfressungen hervorrufen. Eine restlose Beseitigung der gebundenen Kohlensäure ist also bei diesem

Abb. 8
Thermische Speisewasseraufbereitung, Bauart Atlas-Werke, für dreistufige Vorwärmung; Leistung 20 t/h Destillat und 350 t/h Entgasung von Kondensat; Endtemperatur des Speisewassers vor dem Kessel etwa 140 °C

a Verdampfer
b Vorreinigung
c Mischvorwärmer und Entgaser
d_1 d_2 Regler
e_1 e_2 e_3 Oberflächenvorwärmer
f Wasserstrahl-Luftpumpe für den Mischvorwärmer und Entgaser
g Strahlwasserpumpe
h Laugenejektor
i Förderpumpe für das Kondensat zum Entgaser
k Förderpumpe für das Speisewasser vom Entgaser zu den Vorwärmern e_2 und e_3
l Kesselspeisepumpe
m Rohwasserpumpe
n Geschlossener Vorratbehälter für Speisewasser
o Vorwärmturbine
p Kondensator

[4]) Die Rohrpläne und die Gesamtanlage der in Abb. 6 und 7 wiedergegebenen Speisewasseraufbereitungen wurden von den Siemens-Schuckertwerken gemeinsam mit den Atlas-Werken entworfen.

Abb. 9. Verdampfer für 20 t/h

Abb. 10
Entgasungsanlage, Bauart Atlas-Werke, Dr.-Ing. P. H. Müller; Leistung 2 × 150 t/h

a_1 a_2 Mischvorwärmer und Entgaser b_1 b_2 Speisewasserbehälter
c_1 c_2 Regler für Zusatzwasser d_1 d_2 Strahlwasserpumpe
e_1 e_2 Wasserstrahl-Luftpumpe

Verfahren nicht möglich. Die in Abb. 10 wiedergegebene Entgasungsanlage des Kraftwerkes Cellina in Venedig wird mit Anzapfdampf beheizt und wärmt das Wasser auf 65 ° vor. Der Vorteil dieser Art der Entgasung, die man nach den gleichen Grundsätzen auch bei den thermischen Aufbereitungsanlagen anwendet, besteht darin, daß die Entgasungsanlage vor die Kesselspeisepumpe geschaltet werden kann und das entgaste Wasser unmittelbar dem Kessel zufließt. Alle Gasschutzanlagen für die Speisewasserbehälter können fortfallen, weil das gesamte Wasser, auch das den Behältern entnommene, vor dem Eintritt in die Speisepumpe entgast wird.

Ein andres Beispiel für den Einbau einer thermischen Speisewasseraufbereitung ist die im Eisenbahn-Ausbesserungswerk Osnabrück aufgestellte Anlage, Abb. 11. Sie wird durch Abdampf von Dampfhämmern gespeist und gibt ihren Brüdendampf je nach den Verhältnissen in die Dampfheizanlage, in die Warmwasserbereiter der Aufkocherei oder in eine Warmwasserheizung ab. Bei der vielseitigen Verwendung des Heizdampfes und Abdampfes ist eine Entlüftung des Kondensates vor Wiedereintritt in den Kessel unbedingt erforderlich, da sich das Kondensat stark mit Luft anreichert. Als Heizdampf für den Entlüfter benutzt man den aus den Heizkörpern der Dampfheizung austretenden Dampf.

Bei Zusatzwasserbedarf von 30 vH und mehr ist es selbst mit Mehrstufenanlagen oft nicht möglich, die erzeugte Wärme vollständig auszunutzen. Dann wären Anlagen mit sehr vielen Stufen nötig, deren Beschaffungskosten außerordentlich hoch sind. Man handelt dann richtiger, wenn man einen gewissen Energieverlust in Kauf nimmt und mit Strahlkompressoren arbeitet, Abb. 12. Der durch Verdichten des Abdampfes mit Hochdruckdampf auftretende Energieverlust ist natürlich ziemlich erheblich, wird aber bei großen Mengen von Zusatzwasser durch die billigeren Anlagekosten wieder ausgeglichen. Die Vorteile der thermischen Speisewasseraufbereitung sind in jeder Beziehung so groß, daß selbst hohe Energieverluste tragbar sind, wenn es sich um hochwertige Kessel- und Maschinenanlagen handelt. [B 2423]

Abb. 11
Thermische Speisewasseraufbereitung mit Ausnutzung des Abdampfes von Dampfhämmern

a Dampfkessel
b Dampfhammer
c Verdampfer
d Vorreinigung
e Destillierkondensator und Vorwärmer
f Kühlwasser- und Umwälzpumpe
g Warmwasserheizung
h Warmwasserbehälter
i Warmwasserbereiter
k Abkocherei
l Dampfheizungen
m Rückspeiser für das Kondensat
n Speisewasserbehälter
o Entgaserpumpe
p Entgaser
q Kesselspeisepumpe
r Laugeejektor
s Luftsauger
t Kondensatejektor
u Wasserstrahl-Luftpumpe

Abb. 12
Speisewasseraufbereitung mit Strahlkompressor, Bauart Atlas-Werke

a Rohwasservorreinigung und -entgasung *b* Verdampfer
c Dampfstrahlverdichter *d* Speisepumpe für Rohwasser *e* Regler

Frischwasserklärung bei der Abwasserreinigung

Von Prof. Dr. M. Strell und Dr.-Ing. B. Rentsch, München

Begriff und Wesen der Frischwasserklärung — Entwicklung aus dem einfachen Absitzverfahren in Klärbecken und Klärbrunnen — Das erste Frischwasser-Klärsystem von Travis-Ault vom 15. Mai 1904 — Frischwasser-Klärsysteme der Folgezeit bis zur Gegenwart — Frischwasser-Hauskläranlagen

In den Gesamtbegriff „Frischwasserklärung" sind alle jene mechanischen Klärverfahren einzubeziehen, bei denen der Schlamm in getrennten Räumen ausgeschieden wird und ausfault, wobei der für die Schlammausfaulung bestimmte Schlammsammelraum derart ausgebildet ist, daß die in ihm stattfindenden, von Gärung und Fäulnis begleiteten Reduktionsvorgänge keinen nachteiligen Einfluß auf das im Klär- oder Absitzraum befindliche Abwasser ausüben können.

Einfaches Absitzverfahren

Der unmittelbare Vorgänger der Frischwasserklärung ist das einfache Absitzverfahren mit seinen zwei typischen Bauarten, dem Klärbecken und dem Klärbrunnen.

Abb. 1 zeigt ein Klärbecken der einfachsten Form und die in einem solchen Becken stattfindende Schlammausscheidung in Beziehung zur Klärdauer bzw. Durchflußgeschwindigkeit. Wie aus der Verteilung des Schlammes auf der Beckensohle zu entnehmen ist, wird die Hauptmasse des Schlammes mit 60,9 vH der absitzbaren Schlammstoffe bereits nach einer Klärdauer von 30 min im ersten Beckenzehntel ausgeschieden, während im letzten Beckenzehntel die Schlammausfällung nur noch 0,5 vH beträgt.

Dieses Mißverhältnis in der Schlammablagerung führte dazu, anstatt der langen und flachen Becken mit ihrer geringen Klärwirkung am Ende mehr in die Tiefe gehende Absetzvorrichtungen, d. s. Klärbrunnen, zu verwenden.

In Abb. 2 ist ein einfacher, senkrecht durchflossener Klärbrunnen dargestellt. Bei ihm tritt das Abwasser in der Nähe der Sohle ein und steigt mit einer sich allmählich einstellenden mittleren Geschwindigkeit v im Brunnen auf. Dabei werden alle suspendierten Stoffe, deren Fallgeschwindigkeit f gleich v oder kleiner als v ist, mit dem sich aufwärts bewegenden Wasserstrom mitgerissen, während die Teilchen mit größerer Fallgeschwindigkeit nach unten sinken und sich auf der Brunnensohle ansammeln.

Die Fallgeschwindigkeit von schwebenden Schmutzteilchen wird durch Absitzversuche im ruhenden Abwasserstrom ermittelt und ist nach Art, Herkunft und Zusammensetzung der Abwässer sowie nach dem spezifischen Gewicht der Teilchen verschieden. Sie beträgt mehr als 3,3 mm/s bei 50,6 vH der gesamten Schmutzstoffe, mehr als 1,66 mm/s bei 57,4 vH der gesamten Schmutzstoffe usw.

Wie bei der mechanischen Klärung überhaupt, so ist auch bei den eben beschriebenen einfachen Absitzbecken und Absitzbrunnen Endzweck eine möglichst weitgehende Ausscheidung der suspendierten Schlammstoffe. Da nun die aus häuslichen und städtischen Abwässern ausgeschiedenen Schlammstoffe vorwiegend organischer Natur sind, so unterliegen sie wie alle organischen Substanzen bei längerer Lagerung der Gärung und stinkenden Fäulnis. Durch diese beiden Vorgänge wird aber die Klärwirkung in den einfachen Absitzbecken und Absitzbrunnen wesentlich beeinträchtigt.

Am besten kann man sich dies bei Betrachtung des Klärbeckens nach Abb. 1 vergegenwärtigen. Hier ist besonders deutlich die Schlammablagerung auf der Beckensohle und die damit in unmittelbarem Zusammenhang stehende Klärwirkung hervorgehoben, Verhältnisse, wie sie eintreten müßten, wenn der einmal abgesetzte Schlamm keinerlei Veränderungen erleiden würde. Dem ist aber in den meisten Fällen, und zwar namentlich bei Klärung von häuslichen und städtischen Abwässern, nicht so. Der hieraus durch mechanische Absetzung abgeschiedene Klärschlamm enthält vorwiegend organische Bestandteile von den Formen Eiweiß, Fett, Stärke und Zellulose. Aus den erstgenannten, stickstoff- und schwefelhaltigen eiweißartigen Stoffen wird durch die Tätigkeit anaerober Bakterien Ammoniak, gasförmiger Stickstoff und Schwefelwasserstoff gebildet, Fette werden von andern Bakterien zu Fettsäuren (Buttersäure u. dgl.) oxydiert. Gleichzeitig mit diesem Vorgang der sogenannten stinkenden Fäulnis, aber unabhängig von ihm, setzt infolge des Vorhandenseins von stärke- und zelluloseähnlichen Stoffen eine unter Bildung von Sumpfgas, Kohlensäure und Wasserstoff einhergehende Gärung ein, wodurch verursacht wird, daß der am Boden abgelagerte faulende Schlamm in Form von Fladen an die Oberfläche steigt, die nach dem Gasaustritt wieder zu Boden sinken.

Durch diese Gärungs- und Fäulnisvorgänge, die bei warmer Witterung schon nach einigen Stunden ruhiger Lagerung des Schlammes einsetzen und sich nach wenigen Tagen heftig auswirken, kann — bei entsprechend langer Belassung des Schlammes im Becken — die Klärwirkung in zweifacher Hinsicht wesentlich beeinträchtigt werden, und zwar einmal durch die Abschwemmung von trübenden Schlammteilchen aus den aufgewühlten und aufgetriebenen Schlammfladen und dann auch durch Infizierung

		60,9	5	2,4	1,6	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5 kg
Klärdauer	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300 min
Klärwirkung	0	60,9	65,9	68,3	69,9	71,0	71,9	72,1	73,4	74,0	74,6 vH

von 74,6 kg Trockenschlamm sind abgelagert

RZ 1298 Z 1

Abb. 1. Schlammablagerung bei einem Flachklärbecken

Abb. 2. Schema eines einfachen, senkrecht durchflossenen Klärbrunnens
a Abflußrinne
b Zulaufrohr

RZ 1298 Z 2

des über der Schlammdecke befindlichen Wassers mit den Fäulnisgasen Ammoniak, Schwefelwasserstoff u. a. Die Klärwirkung kann hierbei unter Umständen, d. h. bei nicht rechtzeitiger Beseitigung des faulenden Schlammes aus dem Absitzbecken so weit beeinträchtigt werden, daß das aus dem Klärbecken abfließende Wasser sogar stärker verunreinigt ist als das zufließende Rohwasser.

Die im vorigen in Beziehung auf Klärbecken besprochenen Nachteile machen sich in noch höherem Maße geltend bei Klärbrunnen nach Abb. 2, weil hier der fäulnis- und gärungsfähige Bodenschlamm auf einen engeren Raum zusammengedrängt ist. Auch ist bei der in Abb. 2 angedeuteten Anordnung des Zulaufrohres in der Nähe der Beckensohle fast unmittelbar über der Schlammdecke mit einer ständigen Aufwühlung des abgesetzten Schlammes zu rechnen, wodurch das überstehende und zum Teil auch das abfließende Wasser sehr erheblich getrübt wird.

Dieses ständige Aufwühlen des Bodenschlammes durch das Zulaufwasser läßt sich zwar durch Höherlegen des Zulaufrohres beheben, indem z. B. das Wasser in der

oberen Hälfte zugeführt wird, wobei außerdem noch der Gedanke zugrundeliegt, durch einen eingebauten Zylindermantel einen zweimaligen Richtungswechsel, d. h. ein Auf- und Absteigen des Wassers und damit eine erhöhte Klärwirkung zu erzielen. Doch werden sich auch bei dieser Konstruktion die durch die Schlammfäulnis und -gärung bedingten nachteiligen Einflüsse auf den Klärvorgang bei zu langer Lagerung des Schlammes auf der Brunnensohle nicht vermeiden lassen. Daher kann auch diese Brunnenart nicht als Frischwasser-Klärbrunnen bezeichnet werden, obwohl sie rein konstruktiv große Ähnlichkeit mit einem solchen hat.

Die vom abwasser-klärtechnischen Standpunkt aus anzustrebende Lösung der Aufgabe läuft im wesentlichen darauf hinaus, einerseits die durch die Fäulnis und Gärung des Klärschlammes bedingte Störung und Benachteiligung des mechanischen Klärvorganges zu vermeiden, anderseits die mit der Schlammfaulung entschieden verbundenen Vorteile — d. s. beliebig lange Schlammlagerung innerhalb der Kläranlage, leichtere Entwässerungs- sowie Trocknungsfähigkeit und Absatzmöglichkeit des ausgefaulten Klärschlammes — in geschickter Weise auszunutzen.

Die Lösung dieses Problems sehen wir verwirklicht beim sogenannten Frischwasser-Klärverfahren als vollkommenster Durchbildung der rein mechanischen Klärung mit biologischer Schlammausfaulung. Deren besonderes Merkmal besteht in der Trennung des Absitzraumes und des Schlammfaulraumes.

Frischwasser-Klärsysteme

Schon H. W. Clark, der verdienstvolle Leiter der Abwasserversuchstation in Lawrence, hatte im Jahre 1899 in einem Vortrag dargelegt, es müsse gelingen, den Schlamm selbsttätig auszuscheiden und von dem noch nicht gefaulten Abwasser zu trennen. Ausgehend von diesen Äußerungen Clarks, hat Dr. Travis einen Versuchsapparat konstruiert und an diesem studiert, wie sich der von Clark entwickelte Gedanke für die Praxis auswerten läßt. Er hat die Anforderungen, die an ein System der genannten Art zu stellen waren, in folgender Weise zusammengefaßt:

1. Ein möglichst großer Teil des Abwassers darf sich nur kurze Zeit im Becken aufhalten (Frischerhaltung der Abflüsse).
2. Diejenigen Anteile des Abwassers, die zur Ablagerung gebracht werden können (Schlammstoffe), sind so von dem Wasser zu trennen, daß sie sich nicht wieder mit dem Wasser vermischen können.
3. Die Gasentwicklung des Schlammes muß in besonderen, von dem übrigen Becken getrennten Räumen (Schlammfaulräumen) vor sich gehen, um das Absitzen nicht zu stören.
4. Die Bildung einer Schwimmdecke auf dem Becken muß verhindert werden (um Verunreinigungen des Absitzraumes durch sich ablösende Schwimmdeckenbestandteile vorzubeugen).
5. Die gesamte Abwassermenge muß mit sich von selbst reinigenden, möglichst großen Flächen in Berührung gebracht werden, wodurch ein großer Teil der feinsten gelösten Stoffe, der sogenannten Kolloide, ausgeschieden werden kann.
6. Der Querschnitt des Absitzbeckens muß stets unverändert bleiben (um Wirbelbewegungen und Störungen des Absitzvorganges zu verhindern).

Das Ergebnis dieser Versuche und Erwägungen ist die Bauart Travis-Ault, DRP Nr. 173 766 vom 15. Mai 1904, Abb. 3 bis 5: ein Absitzbecken *a* und ein eigentliches Faulbecken *b* in einem Behälter und durch Zwischenwände *d* getrennt, beide miteinander durch Schlitze *c* in Verbindung stehend. Der Schlamm fault im Faulbecken *b* aus, und weder die Schlammfladen noch die Gase können in das Absitzbecken *a* zurücktreten. Die Klärung ist daher ungestört und das abfließende Wasser frisch. Die Anlage ist ununterbrochen im Betrieb. Die Schlammteilchen werden aus dem Absitzbecken selbsttätig durch eigene Schwere und nicht durch Wasserdruck entfernt, wobei ein ganz geringer Wasserstrom die Bewegung unterstützt.

Das Travis-System hat in England seine größte Verbreitung gefunden und spielt heute auf dem Gebiete der mechanischen Abwasserreinigung auch in andern Ländern eine führende Rolle. In Deutschland wird es von der Firma „Städte-Hygiene und Wasserbau-Gesellschaft Wiesbaden", die seine Vertretung übernommen hat, ausgeführt.

Zeitlich schließt sich an das Travis-System sehr eng an die Dr.-Ing. Imhoff im Mai 1906 patentierte Bauart DRP Nr. 187 723, Abb. 6 bis 8, die Grundlage und die Ausgangsform des bekannten Emscherbrunnens. Es ist das Verdienst der Emscher-Genossenschaft und insbesondere das Verdienst Dr. Imhoffs, mit dem Emscherbrunnen eine Kläranlage geschaffen zu haben, die zwar das gleiche klärtechnische Ziel erstrebt wie das Travis-System, nämlich Trennung von Absitz- und Schlammfaulraum zur Erzielung frischer oder möglichst wenig angefaulter Abflüsse, die aber konstruktionstechnisch nicht unwesentlich von den Travis-Anlagen in Hampton und Norwich abweicht.

Grundsätzlich unterscheidet sich die Imhoffsche Anordnung von der von Travis dadurch, daß bei ihm jede absichtliche Strömung durch den Faulraum vermieden wird, während beim Travis-Verfahren absichtlich ein Teil des Rohwassers durch den Faulraum geleitet wird, um eine schädliche Anhäufung von Zersetzungserzeugnissen zu verhindern und ein genügendes Auswaschen des Schlammes zu ermöglichen. Beim Travis-Verfahren wird ferner das mit dem Schlamm in den Faulraum gelangende Abwasser beim Abfluß mit dem frischen Abwasser aus dem Absitzbecken vereinigt und dadurch dieses infiziert, ein Umstand, der von Dr. Imhoff und den Vertretern seines Systems erkannt und als sehr nachteilig bezeichnet worden ist.

Abb. 3 bis 5 Kläranlage, Bauart Travis-Ault

a Absitzbecken
b Faulbecken
c Schlitz
d Zwischenwände

Abb. 6 bis 8 Kläranlage, Bauart Dr.-Ing. Imhoff

a Absitzraum
b Faulraum
c Schlitz zwischen Absitz- und Faulraum

Abb. 9. Emscherbrunnengruppe

Abb. 10. Kremer-Brunnen
a Klärraum *b* Schlammbrunnen

Abb. 11. Kremer-Kläreinrichtung mit Schlammzylinder
a Klärraum *b* Schlammzylinder
c Vorfaulkammer *d* Ausfaulkammer
e Leitung zum Schlammbeet

Die in Abb. 9 im Grundriß dargestellte Anlage zeigt, wie Emscherbrunnengruppen für größere Orte zur Verwendung kommen und durch beliebige Anreihung von Brunnen einem Anwachsen der Bevölkerungszahl und dem dadurch entstehenden Mehranfall zu behandelnder Abwässer gerecht zu werden imstande sind.

Zu den Frischwasser-Kläranlagen rechnet man auch jene Konstruktionen, bei denen die Schlammstoffe in vollständig getrennten Räumen ausgeschieden werden und ausfaulen, d. h. der in der Absitzanlage anfallende Schlamm wird rechtzeitig, also vor Beginn der Fäulnis und Gärung, entfernt und in einem gesonderten Raum der Ausfaulung überantwortet.

Zu dieser Gruppe von Frischwasser-Kläranlagen zählen nun die im folgenden zu behandelnden Kremer-Brunnen, Abb. 10. Der auf dem Boden des Klärraumes *a* sich absetzende Schlamm wird mit Hilfe einer Abstreichvorrichtung in den nebengelagerten Schlammbrunnen *b* befördert, aus dem der Schlamm etwa alle 4 bis 6 Tage beseitigt wird.

In Abb. 11 ist eine vollständige Kremer-Kläranlage mit Schlammzylinder und mehrteiligem nebengelagertem Schlammfaulraum dargestellt. Aus dem Schlammzylinder *b* gelangt der Frischschlamm durch Wasserüberdruck zunächst in die Vorfaulkammer *c*, die den Zweck hat, bei großer Wasserspiegeloberfläche ein starkes Ausbreiten des Gärschlammes zu begünstigen. Ist die Vorfaulkammer *c* bis zu einem gewissen Grade gefüllt, so wird der Schlamm mit Wasserüberdruck in die Ausfaulkammer *d* befördert, wo wesentliche Gärungserscheinungen nicht mehr auftreten. Die Schlammzersetzung in diesem zweiten Raum steht im Zeichen der Gasbildung, und um die Gase möglichst im Schlamm zurückzuhalten, wird dieser Raum zweckmäßig in seiner Tiefe vergrößert und dadurch der Wasserüberdruck wirksamer gestaltet. In der Ausfaulkammer lagert der Schlamm so lange, bis er von hier aus — wiederum mit Wasserüberdruck, also selbsttätig — als ausgefaulter, unschädlicher Schlamm unmittelbar auf das Schlammbeet zur Trocknung abgelassen wird, u. zw. durch Leitung *e* in Abb. 11.

Als besondere Vorteile der nebengelagerten Schlammfaulräume seien angeführt, daß es unbedingt ausgeschlossen ist, daß aus dem Schlammraum fauliges Wasser oder Schlammfladen in den Frischwasserklärraum gelangen. Die Schlammräume liegen frei, haben große Oberfläche und sind daher übersichtlich und leicht zugänglich. Auch ist die Möglichkeit gegeben, die Schlammfaulräume unabhängig von den Klärräumen nach Bedarf zu erweitern.

Der Grundsatz der Frischwasserklärung in Beckenform mit nebengelagerten Schlammräumen ist sehr zweckmäßig durchgeführt bei dem „Neustädter Becken" der Gesellschaft für Wasser- und Abwasserreinigung m. b. H. in Neustadt a. H., Abb. 12 bis 14.

Abb. 12 bis 14. Neustädter Becken
a Absitzräume *d* Schlammablaßrohr
b Schlammbecken *e* Wasserabfluß
c Zwischenwände *f* verschließbare Öffnungen

Abb. 15. Kläranlage, Bauart Mondrion

a Absitzräume *b* Schlammraum *c* Schieber *d* Tauchrohr

Abb. 19. Kläranlage, Bauart Hauptner

a Schlammfaulraum *b* schräge Leitwände *c* Nebenräume

Der fäulnisfähige Schlamm aus den Absitzräumen *a* wird durch eine mit herablaßbarem Balken abschließbare Schlammrinne und durch ein anschließendes T-förmiges Schlammrohr in die seitlich gelegenen Schlammbecken *b* eingelassen, wo er sofort in lebhafte Gärung kommt. Neu eintretender Schlamm drängt den untersten, am weitesten zersetzten Anteil unter der ersten Zwischenwand *c* durch in die zweite Abteilung des Beckens *b*, Abb. 14, wo die Zersetzung weitergeht. Dieser Vorgang wiederholt sich von Abteilung zu Abteilung, wobei man die Größe des ganzen Faulbeckens so bemessen muß, daß die Gärung des Schlammes bei seinem Eintritt in die letzte Abteilung so gut wie beendet ist. Aus diesem letzten Raum kann der ausgefaulte Schlamm auf beliebige Weise, so z. B. durch das Rohr *d*, in entsprechenden Zwischenräumen abgelassen werden. Das bei der Zersetzung des Schlammes sich ausscheidende Wasser fließt bei *e* ab. Verschließbare Öffnungen *f* in den Zwischenwänden *c* dienen zur Regelung der wässerigen Schicht in den einzelnen Abteilungen.

Bei der 1909 unter Nr. 246 159 patentierten Bauart Mondrion, Abb. 15, sind die Absitzräume *a* neben bzw. um den zentralen Schlammraum *b* gelagert. Der in ersteren sich ausscheidende Frischschlamm wird nach Bedarf durch Öffnen der Schieber *c* in den Faulraum *b* abgelassen. Im Faulraum *b* ist zweckmäßig das Tauchrohr *d* so eingebaut, daß der Wasserstand im Faulraum immer niedriger ist als in den Absitzräumen. Dadurch wird bewirkt, daß die durch den eintretenden Schlamm verdrängte angefaulte Wassermenge nicht in den Absitzraum zurücktritt und das Frischwasser verdirbt.

Große Ähnlichkeit mit dem System Mondrion weist, wie Abb. 16 bis 18 erkennen lassen, das in der Praxis gut eingeführte Frischwasser-Klärverfahren Dyckerhoff & Widmann A.-G., Nürnberg (Dywidag), auf. Die Patente hierfür, Nr. 367 686 und Nr. 369 496 vom 18. Dezember 1913, wurden erst 1919 amtlich herausgegeben. Der Klärraum *a* umschließt halbringförmig den runden Faulraum *b*. Gegenüber dem Klärraum in unmittelbarer Verbindung mit dem Faulraum *b* ist der Faulwasserraum *c*, das ist der Durchflußraum für das aus dem Schlammfaulraum abfließende Faulwasser, angeordnet. Klärraum und Schlammfaulraum stehen mittels Schlammschlitzes in Verbindung; der Schlammfaulraum *b* ist mit dem Faulwasserraum *c* durch Öffnungen *d* mit Tauchwänden *e* verbunden, während das Faulwasser aus dem Raum *c* mittels Rohrhebers *f* in den Abfluß des Klärraumes *g* abgeleitet wird.

Bei neueren Ausführungsformen wird die geringe Faulwassermenge nicht mehr dem Abfluß zugeleitet, sondern außerhalb der Kläranlage zur Versickerung gebracht.

Abb. 16 bis 18. Trinkwasser-Kläranlage von Dyckerhoff & Widmann A.-G.

a Klärraum
b Faulraum
c Faulwasserraum
d Oeffnungen
e Tauchwände
f Rohrheber
g Abfluß des Klärraumes

Eine Frischwasser-Kläranlage mit neben- und untergelagertem Schlammfaulraum haben wir in dem 1910 unter Nr. 262 410 patentierten „System Hauptner", Wien, vor uns, Abb. 19. Hier ist zum erstenmal die Tatsache verwertet, daß der Frischschlamm bei seinem Übergang in Faulschlamm einen Zwischenzustand — die Schwimmschicht — durchmacht, wobei der Gasauftrieb als treibende Kraft wirkt. Der im untergelagerten Schlammfaulraum *a* sich zersetzende und zur Oberfläche steigende Schlamm wird durch die schrägen Leitwände *b* in die Nebenräume *c* verdrängt. Hat er die Faulgase an die Luft abgegeben, so fällt er zum größten Teil als ausgefaulter Schlamm auf den Boden der Nebenräume. Der Raum *a* bleibt also für neuen Absitzschlamm frei.

Zu den Frischwasser-Kläranlagen mit nebengelagertem Schlammfaulraum gehört weiter der 1913 unter Nr. 281 000 patentierte Klärbrunnen, Bauart Schrank. Hier sind Absitzbecken und luftdicht geschlossenes Faulbecken kommunizierend mittels Rohr- oder Kanalleitung verbunden. In Abb. 20 ist die Grundidee der Konstruktion dargestellt. *a* ist das Absitzbecken, *b* sein Zufluß, *c* sein Abfluß und *d* seine Verbindung mit dem Faulbecken, die von dem tiefsten Punkt des Absitzbeckens nach einem über der Schlammschicht des Faulbeckens liegenden Punkt führt, *e* das Faulbecken, das durch die Decke *f* luftdicht abgeschlossen ist. *g* ist ein an dem Faulbecken angeordnetes Winkelrohr mit einem Abflußstutzen *h*, die beide mit der Atmosphäre in Verbindung stehen, *i* ist ein Gasabführrohr, das an seinem unteren Ende mit dem Heber verbunden ist.

Das Schranksche System ist durch die Firma Breitung, Wiesbaden, die diese Anlagen zur Ausführung bringt, weiter vervollkommnet worden, Abb. 21.

Zu den Frischwasser-Kläreinrichtungen, bei denen das Absitzbecken oder die Frischwasserrinne unter Wasserspiegel eingebaut ist, gehört der in der letzten Zeit so viel umstrittene „Omsbrunnen", benannt nach seinem Erfinder Otto Mohr, Schierstein, dem Direktor der Deut-

Abb. 20. Frischwasser-Klärbrunnen, Bauart Schrank

a Absitzbecken
b Zufluß
c Abfluß
d Verbindung mit den Faulbecken
e Faulbecken
f luftdichte Decke
g Winkelrohr
h Abflußstutzen
i Gasabführrohr

Abb. 21. Schranksche Klärbrunnenanlage

schen Abwässer-Reinigungs-Gesellschaft m. b. H., Wiesbaden. Die Erfindung nahm vermutlich ihren Ausgang von dem 1913 unter Nr. 273 794 patentierten „System Boller" (Bergen b. Frankfurt a. M.), diese wiederum von einer Anlage, auf die der Engländer F. J. Commin in Westminster einige Jahre vorher (1911) das Patent Nr. 16 508 erhielt. Ob und inwieweit Boller sich auf die Erfindung Commins gestützt hat, läßt sich schwerlich feststellen.

Eine bildliche Gegenüberstellung der drei genannten Patente in den Querschnitten, Abb. 22 (Commin), 23 (Boller) und 24 (Oms) läßt ohne weiteres den inneren Zusammenhang der genannten drei Verfahren erkennen. Der Innenraum wirkt als Absitzraum, der Außenraum als Faulraum, die Schlitze nach oben dienen zum Austritt der Schwimmstoffe, die Schlitze nach unten zum Austritt der Sinkstoffe. Zu Reinigungszwecken werden die Dachflächen der beiden Bauarten Boller und Oms abnehmbar eingerichtet.

Von den Frischwasser-Klärverfahren der letzten Entwicklungsperioden von 1918 ab seien als Gegensätze in der Linienführung der Absitzrinne nur zwei herausgegriffen, das der Bauart Grove und das von Walther.

Die Bauart Grove, der Grove-Abwasserreinigungs-G. m. b. H., jetzt David Grove, A.-G., Berlin, am 6. Januar 1918 unter Nr. 341 333 patentiert, stellt eine Abwasserkläranlage dar, bei der zur Bildung einer Reinwasserzone im Klärraum eine Abzugrinne für das geklärte Wasser eingebaut ist, Abb. 25 bis 28.

Von der Zuflußleitung *a* tritt das Abwasser durch Vermittlung eines Tauchrohres oder einer Tauchschale *b* von unten her in den Klärraum ein, in dem die spezifisch schwereren Stoffe zu Boden sinken, während die Flüssigkeiten und mit ihnen die Schwimm- und Schwebestoffe an die Oberfläche steigen. Innerhalb des Klärraumes, und zwar bis unter Wasserspiegel, liegt die Reinwasserrinne *c*, der das von Sink- und Schwimmstoffen befreite Abwasser mittels eines Durchtrittspaltes *f* zuströmt. Die Wände *d* bilden die seitliche Begrenzung der Reinwasserzone, gegen die sich die Schwimmschicht anlegt, ohne Eintritt in die Rinne selbst zu erlangen. Das geklärte Abwasser strömt innerhalb der Zone *c* dem Ablauf *h* zu.

Die Bauart Walther, die dem Dr.-Ing. Paul Walther in Donaueschingen im Juli 1919 unter Nr. 334 408 patentiert wurde, stellt im wesentlichen einen Emscherbrunnen mit ringförmiger Klärrinne dar, der am Einlauf jalousieartige schräge Wände *a* und am Auslauf eine Vorrichtung *b* hat, die ein gleichmäßiges Gefälle bewirken soll, Abb. 29 bis 31.

Das Abwasser durchströmt nach Durchlaufen der jalousieartigen Wände am Einlauf mit geringer Geschwindig-

Abb. 22. Verfahren nach Commin

Abb. 23. Verfahren nach Boller

Abb. 24. Verfahren nach Oms

Abb. 22 bis 24. Frischwasser-Kläranlagen mit Unterwasserklärrinne

Abb. 25 bis 28. Klärbrunnen, Bauart David Grove, A.-G.

a Zuflußleitung
b Tauchrohr
c Reinwasserrinne
d Wände der Reinwasserrinne
e Abweiser für Schwimmstoffe des äußeren Klärraumes
f Durchtrittspalt
g Sohle der Reinwasserrinne
h Ablauf

Abb. 29 bis 31. Klärbrunnen, Bauart Walther

a schräge Wände
b Auslauf
c Absitzrinne
d Trichter
e Tauchraum
f Reinwasser-Ablauf

Abb. 32 und 33
Klein-Emscherbrunnen

a Frischwasser-Klärraum
b Entgasungsraum
c Schlammraum

keit von etwa 2 mm/s das kreisförmige Absitzgerinne *c*. Hierbei werden die Schwimmstoffe nach oben ausgeschieden, die Sinkstoffe gleiten durch den Schlitz des ringförmigen Trichters *d* nach unten und sammeln sich im Faulraum *e* an. Bei *f* läuft das gereinigte Abwasser ab.

Das bereits in den beiden zuletzt beschriebenen Systemen hervortretende Bestreben, den Grundgedanken der Frischwasserklärung auch auf sogenannte Hauskläranlagen und kleinere Anlagen zu übertragen, hat, namentlich in den allerletzten Jahren, zu einer Vervollkommnung der Hauskläranlagen geführt, die nur zu begrüßen ist.

Eine Frischwasser-Hauskläranlage, den sogenannten „Klein-Emscherbrunnen", zeigen Abb. 32 und 33. Das Zulaufwasser gelangt durch ein Tauchrohr in den entsprechend bemessenen kreisringförmigen Frischwasser-Absitzraum *a*, der durch die innere, über Wasserspiegel hochgeführte Trennwand (Innenring) und die äußere Brunnenwandung gebildet wird. Das untere Ende dieser Trennwand ist nach der bekannten Emscherbrunnen-Überschneidung ausgebildet.

Durch diese konstruktiven Maßnahmen wird verhütet, daß die während des Faulvorganges im Schlammraum *c* nach oben steigenden gashaltigen Schlammfladen in den Frischwasser-Klärraum *a* übertreten können; diese müssen nach ihrer Entgasung in *b* wieder restlos und unmittelbar in den Schlammsammelraum zurückfallen, ohne den Absitzraum zu durchlaufen.

Das zu klärende Abwasser fließt durch den Absitzraum mit verlangsamter Geschwindigkeit in wagerechter Richtung. Auf diesem Wege scheiden sich die ungelösten Verunreinigungen je nach ihrem spezifischen Gewicht mehr oder minder weitgehend aus. Das so geklärte Abwasser verläßt den Absitzraum durch die Auslauföffnung und gelangt damit in den Auslaufkanal oder in den Vorfluter.

[B 1298]

Betriebserfahrungen mit der Kohlenstaubfeuerung bei Dampfkesseln

Eines der ersten amerikanischen Großkraftwerke, das ausschließlich Kohlenstaub verfeuert, ist das Kraftwerk Cahokia bei St. Louis, das im Oktober 1923 in Betrieb gesetzt wurde. In den zweieinhalb Jahren, die danach verflossen sind, hat man viele wertvolle Betriebserfahrungen gemacht[1]). Man verfeuert hier minderwertige Kohlen von folgender Zusammensetzung:

		Belleville vH	Kathleen vH
Grobe Feuchtigkeit		10,4	10,69
Flüchtige Bestandteile	bezogen auf die trockne Kohle	37,9	37,7
Fester Kohlenstoff		39,9	48,0
Asche		22,2	14,3

Besondere Schwierigkeiten bereitete es anfänglich, die Kohle genügend zu trocknen; doch gelang es schließlich, durch Verbesserungen an den mit Abgasen geheizten Trocknern den Wassergehalt, der hinter dem Trockner anfangs 11 vH des ursprünglichen Gehaltes der Rohkohle betragen hatte, auf 8½ vH herabzusetzen. Eine weitere Nachtrocknung auf 5 vH wurde in den Absaugvorrichtungen der Kohlenstaubmühlen durch Zerkleinerung der Kohlen erreicht, so daß die Feuchtigkeit aus den kleinen Kohlenteilchen, die im Trockner erwärmt wurden, leichter entweichen konnte.

Für die Wirtschaftlichkeit der Anlage ist ferner die Größe der Kohlenstaubmühlen von Bedeutung. Als besonders günstig erwiesen sich Mühlen von 15 bis 20 t/h Leistung. Der Kraftverbrauch für das Mahlen der Kohlen stellte sich nach der Einführung der oben erwähnten Verbesserungen auf 14 kWh, bezogen auf 1 t Kohlenstaub.

Um örtliche Erhitzungen oder Brände der Kohlen zu verhindern, muß man für eine gleichmäßige Bewegung der Kohlen durch den Trockner sorgen. Tote Ecken bergen immer die Gefahr, daß sich dort die Kohlen ansammeln und infolge zu starker Erhitzung und Trocknung in Brand geraten.

Als bester Werkstoff für die Saugventilatorflügel der Kohlenstaubmühlen hat sich Stahl erwiesen; man konnte 3500 bis 5000 t Kohlen vermahlen, ehe die Stahlflügel ersetzt zu werden brauchten. Überzüge aus Gummi, Porzellan und Glas auf Stahl haben nicht befriedigt. Die Krümmer in den Rohrleitungen zum Fortleiten des Kohlenstaubes werden zweckmäßig mit auswechselbaren Verkleidungen aus Gußeisen versehen.

Durch Verbesserungen aller Art ist es gelungen, die Kosten des Kraftverbrauches und des sonstigen Betriebes im Rahmen der üblichen Aufwendungen eines einwandfrei arbeitenden Werkes zu halten. Der Kraftverbrauch, bezogen auf 1 t Rohkohle, für das Beschicken der Mühlen, das Mahlen und die Förderung der Kohlen einschließlich des Kraftverbrauches der Ventilatoren und des Luftkompressors betrug schließlich weniger als 24 kWh, und die gesamten Kosten der Aufbereitung der Kohle beliefen sich einschließlich der Kosten der Erhaltung auf 1,39 ℳ/t. Die Erhaltung der Kohlenaufbereitung und der Förderanlagen erforderten hierbei 20 vH der gesamten Erhaltungskosten des Werkes. Der größte Teil hiervon entfällt auf die Mühlen, die infolge der schabenden Wirkung der Kohlen oft erneuert werden müssen.

33 vH der Erhaltungskosten des Werkes verbrauchen die Kessel. Von diesem Betrag entfallen 70 bis 90 vH auf die Ausmauerung des Feuerraumes. Der Feuerraum der ersten Kessel von 1670 m² Heizfläche hat nach unten verengte Wände, damit die Hitze wirksam auf die Wasserrohre abstrahlen kann. Nur der Aschenfall und die Hinterwand werden durch Wasserrohre gekühlt. Der Inhalt der Brennkammer beträgt 0,198 m³, bezogen auf 1 m² Heizfläche.

Bei diesen Kesseln war das Mauerwerk nach 2000 Betriebstunden zerstört. Das war die Folge der auf die geneigten Wände unmittelbar auftreffenden Flamme und des Angriffs der flüssigen Schlacke.

Durch Senkrechtstellen der Feuerraumwände und Vergrößerung des Feuerraumes auf 0,205 m³, bezogen auf 1 m² Heizfläche, wurde die Lebensdauer der Ausmauerung auf 4000 Betriebstunden erhöht. Der beste Schutz des Mauerwerks wurde durch Verkleidung mit Wasserrohren erreicht, wodurch jedoch starke Rauchentwicklung bei niedriger Kesselbelastung unvermeidlich wird. Da ferner die Rauchgastemperaturen niedriger werden, muß man die Überhitzer vergrößern.

Über die Lebensdauer der Kühlrohre lagen noch wenig Erfahrungen vor. Einige Rohre mußten nach 8500 Betriebsstunden erneuert werden. Die wichtigsten Voraussetzungen für eine hohe Lebensdauer dieser Wasserrohre sind gute Ausdehnungs- und Reinigungsmöglichkeit, ferner guter Wasserumlauf und vor allem reines Speisewasser.

[N 2298] Gu.

[1]) „Power" Bd. 64 (1926) S. 268.

Über die Wärmebehandlung von Konstruktionsstählen

Von F. W. Duesing, Duisburg

Mit den in Zahlentafel 1 ihrer Zusammensetzung nach wiedergegebenen Stählen habe ich umfangreiche Untersuchungen durchgeführt[1]).

Vor einer jeden Wärmebehandlung ist es notwendig, die Lage der kritischen Punkte beim Erhitzen und Abkühlen zu kennen, um die Temperaturen festzulegen, bei denen die Wärmebehandlung zu erfolgen hat. Durch die in Anwendung gebrachten Verfahren der thermischen Analyse konnte ein eindeutiger Aufschluß besonders über die Lage des für das Härten wichtigsten Ac_3-Punktes nicht erhalten werden, weshalb das Abschreckhärteverfahren durchgeführt wurde, bei dem kleine Proben des zu untersuchenden Stahles von um gleichbleibende Stufen steigenden und fallenden Temperaturen abgeschreckt werden. Aus der Härte und dem Feingefüge der so behandelten Proben konnten die gesuchten kritischen Temperaturen dann eindeutig ermittelt werden. Die nach den verschiedenen Verfahren erhaltenen kritischen Temperaturen sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Die Ergebnisse von Zerreißversuchen mit bei verschiedenen Temperaturen gehärteten Probestäben des Cr-Ni-Stahles E ergeben die richtige Härtetemperatur bei 800 °C, während auf Grund des thermisch gefundenen kritischen Punktes die zu niedrige Temperatur von 735 °C als Härtegrundlage dienen müßte.

Die angegebenen Stähle werden in den weitaus meisten Fällen im vergüteten Zustande benutzt; man muß sie aber vor der eigentlichen Vergütung einer Glühung unterwerfen, um die durch das Schmieden oder Walzen hervorgerufenen Gefügeungleichmäßigkeiten und Spannungen zu beseitigen. Da im Schrifttum über das Glühen solcher Stähle nur dürftige Angaben vorhanden sind, wurden Glühversuche mit den Stählen B, D, E, F und G bei um 50 ° steigenden Temperaturen von 600 ° an aufwärts angestellt. Um einen für alle Stähle gleichen Ausgangzustand zu erhalten, wurden die Proben vorher auf 950 ° erhitzt und an der Luft abgekühlt, Abb. 1 bis 5.

Alle Stähle zeigen bei 600 oder 650 ° ein Abfallen der Werte für Fließgrenze, Zugfestigkeit und Härte, während Dehnung, Einschnürung und Kerbzähigkeit stark ansteigen. Dies hat seinen Grund in dem Zerfall des Perlits zu körnigem Zementit und Ferrit, der bei dem untersten Umwandlungspunkt vor sich geht und infolge der feinen Verteilung der harten Zementitkörner zum weichsten Zustande des Stahles führt. Für die Fließgrenze tritt bis

[1]) Mitt. aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung Bd. 6 (1925) S. 71. Die Arbeit ist auch als Einzelheft vom Verlag Stahleisen, Düsseldorf, zu beziehen.

Abb. 1
Fließgrenze der geglühten Stähle

Abb. 2
Zugfestigkeit der geglühten Stähle

Abb. 3
Dehnung der geglühten Stähle

Zahlentafel 1. Zusammensetzung der untersuchten Konstruktionsstähle

Bez.	Art des Stahles	C vH	Mn vH	Si vH	P vH	S vH	Cu vH	Cr vH	Ni vH	V vH
A	Manganstahl	0,37	0,98	0,35	0,044	0,017	0,14	0,03	0,29	
B	Mn-Si-Stahl	0,40	0,94	0,76	0,016	0,013	0,22	—	—	
D	Nickelstahl	0,31	0,70	0,22	0,014	0,021	0,157	0,14	2,15	
R	„	0,35	0,70	0,30	0,015	0,023	0,180	0,03	2,38	
H	Cr-Ni-Stahl	0,16	0,46	0,15	0,019	0,035	0,176	0,31	2,60	
E	„	0,15	0,64	0,33	0,016	0,016	0,263	0,79	3,83	
G	„	0,26	0,69	0,26	0,012	0,028	0,160	0,54	3,84	
F	Chromstahl	0,34	0,79	0,31	0,003	0,010	0,150	1,31	0,35	0,16

Zahlentafel 2. Übersicht über die kritischen Punkte und Umwandlungsgebiete in °C

Bestimmungsverfahren	Umwandlungspunkte	Werkstoff A	B	D	R	H	E	G	F
Thermische Analyse	Ac_1	747	757	723	732	715 764 792	734	737	790 770
	Ar_1	702 666	713 672	678 623	676 660 628	705 600	A′ : 621 A″ : 491	A′ : 613 A″ : 512	702
Abschreckverfahren	Beginn Ac_1	720	740	700	—	—	690	—	765
	Ende Ac_3	800	810	780	—	—	780	—	800
	Beginn Ar_3	740	760	720	—	—	700	—	740
	Ende Ar_1	620	645	590	—	—	—	—	675

Abb. 4
Spezifische Schlagarbeit der geglühten Stähle

Abb. 5
Brinellhärte der geglühten Stähle

800 °, für die Festigkeit und Härte, mit Ausnahme von Stahl F, bis 1000 ° keine wesentliche Änderung der Werte ein. Das verhältnismäßig starke Ansteigen der Fließgrenze bei den Stählen E, G und F bei Glühtemperaturen über 800 ° hat seinen Grund in der Ausbildung des perlitischen Gefügebestandteiles, der, bei der durch die Versuchsausführung gegebenen Abkühlungsgeschwindigkeit, infolge der vorhandenen Legierungsbestandteile schon teilweise unterkühlt und in sorbitischer Form erhalten wird. Die damit verbundene Annäherung der Fließgrenze an die Zugfestigkeit kommt der durch Vergüten bezweckten Wirkung nahe. Einen von den übrigen Stählen abweichenden Festigkeits- und Härteverlauf zeigt der Stahl F. Einem starken Abfallen vom Ausgangzustande bis zur Glühstufe 700 °, bei der der weichste Zustand erreicht wird, folgt ein stetiges Ansteigen bis 900 °, von wo ab die Werte wiederum abfallen. Dehnung, Einschnürung und Kerbzähigkeit ändern sich in umgekehrter Weise derart, daß steigenden Festigkeitswerten fallende Dehnungs- und Zähigkeitswerte zukommen. Diese Glühversuche erweisen, daß man Stähle der Zusammensetzung nach Zahlentafel 1 in der Nähe des untersten Umwandlungspunktes glühen muß, um den an das Vorhandensein von körnigem Zementit gebundenen weichsten Zustand zu erhalten.

Soll eine weitergehende Veredelung der gesamten Eigenschaften erlangt werden, so muß man vergüten, d. h. durch Härten mit nachfolgendem Anlassen diejenigen Eigenschaften herausholen, die den gestellten Forderungen entsprechen. Um die für die angegebenen Stahlsorten möglichen Grenzen der Wärmebehandlung näher festzulegen, wurden entsprechende Probestäbe von den richtig ermittelten Härtetemperaturen in Luft, Öl und in einigen Fällen in Wasser abgeschreckt, in einer Stufenfolge von Temperaturen zwischen 100 und 750 ° angelassen und nach dem Anlassen teils in Asche der Abkühlung überlassen, teils in Wasser abgeschreckt. Die Härtetemperaturen wurden auf Grund der Vorversuche gewählt für

Stahl	A	B	D	R	H	E	G	F
zu	810	830	810	810	850	810	800	830 ° C.

Die Stähle wurden bei 100 ° in Wasser, bei 200 ° in Öl, bei 300 ° im Muffelofen, bei 400 bis 650 ° im Bleibad, bei 700 und 750 ° im Muffelofen angelassen. Nach besonderen Versuchen wurden die Anlaßzeiten von 1 h bei 100 ° bis zu 20 min bei 750 ° gewählt. Die an Regelstäben von 16 mm Dmr. und Kerbschlagproben von 30 × 30 × 160 mm bei 4 mm Kerbdurchmesser und 15 mm Kerbtiefe ermittelten Ergebnisse zeigen Abb. 6 bis 15.

Gegenüber den Eigenschaften der geglühten Werkstoffe, die als Vergleichsmaß für die Beurteilung der durch das Vergüten eingetretenen Veränderung gelten mögen, wird die Festigkeit aller untersuchten Stähle sowohl durch Luft- als auch durch Öl- und im besonderen durch Wasserhärtung erheblich gesteigert, womit eine Verminderung der Dehnung zwangläufig verbunden ist. Diese Änderung der Eigenschaften wird weiterhin stark beeinflußt durch die Zusammensetzung. Während sich die Festigkeit für die geglühten Stähle, mit Ausnahme der Cr-Ni-Stähle H und E, zwischen 58 und 65 kg/mm² bewegt, beträgt sie nach der Härtung in Öl 76,3 kg/mm² für Stahl D bis 155,0 kg/mm² für Stahl F.

Das abweichende Verhalten der Stähle H und E ist in deren Zusammensetzung begrün-

Abb. 6 und **7**
Fließgrenze der untersuchten Stähle nach dem Härten in Öl und Anlassen

Abb. 8 und **9**
Dehnung der untersuchten Stähle nach dem Härten in Öl und Anlassen

Abb. 10 und **11**
Zugfestigkeit der untersuchten Stähle nach dem Härten in Öl und Anlassen

Abb. 12 und **13**
Einschnürung der untersuchten Stähle nach dem Härten in Öl und Anlassen

Abb. 14 und **15**
Spezifische Schlagarbeit nach dem Härten in Öl und Anlassen

det. Der Stahl H ist nicht so hoch legiert, daß der Mangel an Kohlenstoff durch die vorhandenen Legierungsbestandteile ausgeglichen wird, während bei dem Stahl E durch das Vorhandensein von Ni und Cr eine gewisse Härtung selbst bei der langsamsten der gewählten Abkühlungen eintritt. Weiterhin macht sich die Zusammensetzung bei den untersuchten Stählen insofern geltend, als z. B. bei dem Manganstahl A die Erhöhung der Festigkeit durch das Härten nur 28 kg/mm² beträgt, gegenüber einer Steigerung bei dem Chromvanadiumstahl F von 93,7 kg/mm². Durch Wasserhärtung würde eine noch größere Erhöhung der Festigkeiten möglich sein, jedoch empfiehlt sich eine solche wegen der Gefahr der Rißbildung besonders bei Mehrstoffstählen nicht, da zudem in den gebräuchlichen Maschinenteilen zu starke Querschnittunterschiede und Übergänge auftreten.

Mit den angegebenen Festigkeitswerten sind auch die Grenzen festgelegt, innerhalb deren für einen bestimmten Stahl die Eigenschaften durch Vergüten verändert werden können. Bei dem schon zur Verminderung etwaiger Härtespannungen immer notwendigen nachfolgenden Anlassen wird mit einer Erniedrigung der Festigkeit die Zähigkeit verbessert, was durch die Werte für die Dehnung, Einschnürung und vor allem die Kerbzähigkeit zum Ausdruck kommt. Neben diesen Werten ist für den Konstrukteur besonders zu wissen wichtig, wie sich die Fließgrenze eines Stahles verhält. Durch das Vergüten wird bei einzelnen Stählen eine Annäherung bis zu 95 vH der Fließgrenze an die Zugfestigkeit erreicht.

An Hand der Kurventafeln ist es möglich, den für einen Verwendungszweck bestgeeigneten Stahl auszuwählen und die den gewünschten Eigenschaften entsprechende Behandlung durchzuführen. Ferner wurde der Einfluß der Abkühlung nach dem Anlassen bestimmt, weil sich im besonderen bei Cr-Ni-Stählen gezeigt hat, daß durch langsames Abkühlen nach dem Anlassen Sprödigkeit auftreten kann. Bei den untersuchten Stählen ist eine solche nicht nennenswert in Erscheinung getreten und dürfte in den meisten Fällen auch erst nach wiederholten Anlaßvorgängen wirksam werden. Für Stahl F hat sich im Gegenteil ergeben, daß ein langsames Abkühlen nach dem Anlassen wesentlich bessere Zähigkeitswerte hervorbringt als plötzliches Abschrecken.

Die ganz allgemein durch das Vergüten eines Stahles bewirkte Veredelung seiner Eigenschaften hat ihren Grund in den durchgreifenden Veränderungen, die das Gefüge durch das Härten und Anlassen erfährt. Die durch das Glühen hervorgerufene Erweichung gewalzten Stahles hat ihre Ursache in einer feinen Verteilung des im Perlit enthaltenen Zementits. Durch Härten und Wiederanlassen kann diese Zerteilung noch weitgehender gestaltet werden, je nachdem ein troostitischer, osmonditischer oder sorbitischer Gefügeaufbau durch das Anlassen herbeigeführt wird. Die Bildungsmöglichkeit dieser die Verschiedenheit der Eigenschaften bedingenden Gefügeformen wird durch Art und Menge der Legierungsbestandteile stark beeinflußt. An

Hand einer Reihe ausgewählter Gefügebilder werden diese Vorgänge in dem Aufsatz eingehend erhellt.

Die in der Arbeit niedergelegten Ergebnisse sollen dem Konstrukteur die notwendigen Unterlagen für seine Berechnung geben und ihn zur Verwendung legierter Konstruktionsstähle anregen, während dem Betriebsmann die Möglichkeiten und Wege vermittelt werden sollen, die er zur Erlangung der geforderten Eigenschaften beschreiten muß, um einen Stahl sowohl nach der technologisch als auch wirtschaftlich besten Seite hin auszunutzen. Besonders im allgemeinen Maschinenbau läßt die zweckmäßige Verwendung eines legierten Baustahles in vielen Fällen noch manches Kilogramm Gewicht ersparen, ohne die Sicherheit der Maschine in irgendeiner Weise zu beeinträchtigen.

[M 2552]

Erhöhung der Lebensdauer von Gesenken für Messing

Die Hauptgründe für die hohen Betriebsunkosten einer Warmpresserei liegen in dem starken Verschleiß der Preßwerkzeuge. Für die Messingwarmpresserei des Kabelwerks Oberspree der AEG war es daher eine zwingende Notwendigkeit, die Ursachen des so starken Gesenkverbrauches zu ergründen, um Mittel und Wege für eine Erhöhung der Lebensdauer der Gesenke zu finden[1]).

Die Haltbarkeit der Gesenke wurde einmal dadurch stark gemindert, daß sich die eingearbeitete Form rasch ausschlug, so daß die verlangte Maßhaltigkeit der Formteile überschritten wurde. Außerdem erhielt die Oberfläche von Gesenk und Form ein enges Netz von Rissen, das mit einer Fischhaut Ähnlichkeit hatte. Hierdurch litt das Aussehen der Preßteile so sehr, daß sie als Ausschuß betrachtet werden mußten. Auch kam es oft vor, daß die Form an besonders beanspruchten Stellen einriß und aufplatzte, wodurch ihre Weiterverwendung unmöglich wurde.

Infolge der nur ungenau einstellbaren Schlagstärke der verwendeten Maschinen: Brettfallhammer, Kurbelpresse, Druckwasserpresse und Reibtriebpresse treten Kräfte auf, die größer sein können, als sie zum Ausfüllen der Form unbedingt nötig sind, und vermutlich zerstörend auf den Bestand des Gesenkes einwirken. Daher wurden eingehende theoretische und praktische Untersuchungen an diesen Maschinen angestellt, um ihre besonderen Eigenarten sowie die Kinematik und Dynamik beim Arbeiten mit ihnen kennen zu lernen.

Weiterhin wurde untersucht, welche Maschinenart die geringste überschüssige Kraft erzeugt. Dies war die Kurbelpresse, die jedoch nur in sehr beschränktem Maße bei ganz flachen Gesenken zum Warmpressen verwendbar ist. Die Reibtriebpresse, mit der sich jeder Preßteil herstellen läßt, entsprach zunächst nicht den aufgestellten Forderungen bezüglich der Gesenkschonung. Erst durch Einbau einer zwangläufigen Steuerung gelang es, die Reibtriebpresse zur besten Maschine für das Warmpressen zu gestalten.

Ein durchgreifender Erfolg blieb jedoch aus, selbst wenn äußere Mittel, wie wiederholtes Reinigen der Gesenke und reichliche, gute Schmierung, angewandt wurden. Oft hielt das eine Gesenk mehrere tausend Formteile bis zum Unbrauchbarwerden aus, während ein andres für den gleichen Teil selbst bei gleichbleibender Schlagstärke bereits nach wenigen Stücken einplatzte.

Dies ließ vermuten, daß das Schadhaftwerden der Werkzeuge hauptsächlich auf den für die Gesenke verwendeten Stahl zurückzuführen sei. Für die Preßteile, die im Gesenk hergestellt werden, wird eine sehr große Maßhaltigkeit (Toleranz ± 0,3 mm) verlangt. Hierfür ist Voraussetzung, daß der Werkstoff bei rd. 800 ° Preßtemperatur in der Gesenkform gut fließt. Die Oberfläche des Gesenkes muß also bei 300 bis 400 ° noch genügend hart sein, ferner muß infolge der auftretenden Stoßbeanspruchung der innere Teil der Gesenkhälften für die harte Oberfläche gleichsam eine nachgiebige Unterlage bilden, also bei großer Festigkeit eine hohe Zähigkeit aufweisen.

Auch muß zwischen Kern und Rand jeder große Härteunterschied vermieden werden, da dieser sonst unvermeidliche Materialspannungen hervorruft. Ausgehend vom Chromnickelstahl kam man durch verschiedene Versuche zu einem brauchbaren Stahl mit etwa 0,16 C, 4,72 Ni und 1,41 Cr. Nun war noch das richtige Härteverfahren durch Versuche festzustellen, und man gelangte schließlich zu dem folgenden, mit gutem Erfolge bei der AEG eingeführten Verfahren:

Die Gesenke wurden zum Einsatzhärten, nachdem die Form eingearbeitet und das Stück langsam auf eine Temperatur von 600 ° gebracht worden war, in Einsatzpulver verpackt und langsam auf 750 ° erwärmt. Die Einsatzdauer war je nach der Größe der Stücke verschieden. Eine höhere Temperatur schien nicht zweckmäßig, damit eine zu starke Kohlung der Randzone vermieden und damit die Bildung eines groben Gefüges, die durch den Nickelgehalt begünstigt wird, möglichst hintangehalten wurde. Nach dem Zementieren nahm man das Gesenk aus dem Ofen und ließ es im Topf erkalten.

Hierauf wurde es aus dem Topf herausgenommen und im Ofen wiederum auf 750 ° erwärmt. Auf dieser Temperatur wurde das Stück etwa eine halbe Stunde gehalten, damit sich der Übergang vom Rand zum Kern allmählicher gestaltete. Dann wurde in Öl abgeschreckt. Bei dieser Abschrecktemperatur war, wie Versuche ergaben, die Zähigkeit des Kernes größer und die Härte der Außenschicht geringer als bei 700 ° oder 800 ° und darüber. Nach dem Härten wurden die Gesenke bei rd 300 ° im Blaubrenner angelassen und in Öl abgekühlt.

Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Gesenke hat jedoch nicht nur das vorstehend beschriebene Härteverfahren allein beigetragen; hinzu kommt auch noch eine die Gefahr von Wärmerissen, insbesondere bei ungleichmäßiger Werkstoffbeanspruchung, vermindernde Heizung der Gesenke vor dem Pressen. Hierzu benutzte man früher Lötlampen oder Gasflammen, jetzt werden die Gesenke elektrisch geheizt.

In unserm Falle werden die Rohlinge, die zum Pressen mit einer Temperatur von rd. 800 ° aus dem Anwärmofen genommen werden, infolge der verschiedenen Dicke des Querschnittes beim Pressen die einzelnen Teile der Form auch verschieden stark erwärmen. Ferner erwärmen sich die einzelnen Teile der Form verschieden, je nachdem der Werkstoff beim Pressen eine nur kleine oder eine große Verschiebung erfährt. Bei geringer Verschiebung wird der mit dem Preßteil in Berührung kommende Teil der Formoberfläche stärker erwärmt werden als bei großer, obwohl die mechanische Beanspruchung als solche im zweiten Falle größer ist. Schließlich wird die Form selbst stärker erwärmt als der übrige Gesenkteil. Infolge der ungleichmäßigen Erwärmung dehnen sich natürlich die einzelnen Teile des Gesenkes, besonders die einzelnen Zonen der Oberfläche, verschieden stark aus. Dadurch entstehen Spannungen. Je größer die Anzahl der ohne längere Zwischenpause ausgeführten Pressungen ist, um so mehr wachsen diese Spannungen, da die Temperaturunterschiede ebenfalls zunehmen.

Es kann auch noch der Fall eintreten, daß einzelne Teile der Oberfläche so stark erwärmt werden, daß sich eine geringe Gefügeänderung, die mikroskopisch überhaupt nicht oder nur sehr schwer nachweisbar ist, vollzieht. An dieser Stelle vermindert sich das Volumen des Stahles, das beim Härten zugenommen hat. Damit sind die Bedingungen für das Auftreten von neuen Spannungen gegeben.

Werden die Spannungen an einer Stelle nun so groß, daß sie die Bruchfestigkeit des Werkstoffes überschreiten, so reißt dieser auf. Beim Warmpressen von Messing werden sich die Spannungen, die durch die ungleichmäßige Beanspruchung des Gesenkes beim Preßvorgang noch vermehrt werden, vor allem an den Stellen zuerst auslösen, an denen entweder die Bruchfestigkeit infolge des verringerten Querschnittes am geringsten oder die Beanspruchung am größten ist.

Es dürfte kaum möglich sein, die vorgenannten Ursachen, die eine Rißbildung in so hohem Maße bedingen, gänzlich zu beseitigen. Man verringerte aber ihre Wirkung, indem man die Gesenke vor dem Gebrauch anwärmte. So behielt das Gesenk während des Pressens eine mittlere Temperatur von etwa 300 bis 400 °. Durch die Verwendung solcher sorgfältig vorgewärmter Gesenke wurden merkliche Fortschritte erzielt, da sich die ungleichmäßige Durchwärmung der einzelnen Gesenkteile verringerte. In Verbindung mit der richtigen Werkstoffauswahl und dem neuen Härteverfahren wurden in der Fertigung die besten Ergebnisse erzielt. Man kann mit einer Erhöhung der Lebensdauer der Gesenke um das Drei- bis Fünffache, je nach der Bauart der Form, rechnen. [N 2537]

Berlin Dr.-Ing. A. Aronheim

[1]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 887.

RUNDSCHAU

Kraftwagenverkehr

Große Halle für Kraftomnibusse

Die Allgemeine Berliner Omnibus-A.-G. hat vor kurzem im Westen von Berlin einen neuen Betriebsbahnhof eröffnet[1]), der nicht nur wegen seiner Größe, sondern auch wegen seiner technischen Einrichtungen bemerkenswert ist. Die am Ufer der Spree im nördlichen Teile von Charlottenburg errichtete Anlage, Abb. 1, besteht in der Hauptsache aus einer Halle, die eine durch keinerlei Stützen unterbrochene Fläche von rd. 50×90 m² zur Aufstellung der Kraftomnibusse darstellt und für etwa 200 Wagen ausreicht. Die Aufstellung der Wagen in der Halle wird dadurch erleichtert, daß die Wagen gegebenenfalls von der einen Seite einfahren und auf der andern Seite ausfahren können.

Die sechs im Mittenabstand von je 18,6 m aufgestellten Hauptbinder der Halle sind als Dreigelenkbogen mit Zugband und 12,3 m Pfeilhöhe ausgeführt, Abb. 2, deren Zugbänder unter Flur in Kanälen zugänglich sind. Zwischen den Hauptbindern laufen vollwandige Blechträger als Pfetten in 4,3 m Abstand, und über diese sind in 2,5 m Abstand die Sparren verlegt. Zwischen den Sparren sind aus Hohlsteinen hergestellte Decken als Dachbelag ausgespannt.

Das ganze Innere der Halle gewährt durch die Eigenart der Träger auch einen ästhetisch befriedigenden Anblick, Abb. 3. Die Halle wird mit Niederdruckdampf nach dem Umlaufverfahren geheizt, wobei an mehreren Punkten der Halle vom Boden her angesaugte Luft in Rippenheizkörpern erwärmt und mit steigender Neigung nach dem Boden hin wieder ausgeblasen wird.

An einer Längsseite der Halle ist ein Schiff von 18,6 m Breite angebaut, das als Reinigungs- und Untersuchungsraum für die heimkehrenden Wagen ausgebildet ist. In ununterbrochener Folge werden hier die Wagen von allen Seiten her mit Wasser berieselt und mit Handschläuchen abgespritzt, gefegt, gewaschen und getrocknet, worauf sie von gut beleuchteten Gruben aus auf Mängel des Fahrgestells nachgeprüft, dann mit Öl gefüllt und für die Ausfahrt am nächsten Tage bereitgestellt werden. An diesen Anbau schließt sich ein mehrstöckiges Gebäude mit Werkstätten, Geschäfts- und Lagerräumen.

Zum Nachfüllen mit Brennstoff dienen wegen der damit verbundenen Feuergefahr drei Schläuche, die ganz außerhalb der Halle von einer Brücke herabhängen, s. Abb. 4. Unter dieser Brücke können gleichzeitig drei Wagen auffahren. Auf dem Hofe vor der Brücke sind im Boden drei Brennstoffkessel von je 60 m³ Inhalt versenkt, Abb. 5. Aus diesen entnehmen zwei elektrisch betriebene Kreiselpumpen von je 180 l/min Leistung, die auch gemeinsam aus einem von den Kesseln fördern können, den Brennstoff und fördern ihn mit so hohem Druck in die Verteilleitung unter der Brücke, daß man jeden Wagen in etwa 30 s abfertigen kann.

[1]) „Verkehrstechnik" 29. Okt. 1926 S. 737.

Abb. 1. Lageplan der neuen Halle für Kraftomnibusse

Die Lagerbehälter werden aus Tankwagen oder aus Fässern gefüllt. Jeder Behälter hat seine eigene, mit Filter versehene Füllarmatur, so daß man gegebenenfalls alle drei Kessel gleichzeitig füllen kann. Zum Schutz gegen Verrosten sind die Kessel mit einer fünffachen Isolierung aus abwechselnden Goudron- und Juteschichten versehen, zur Ab-

Abb. 3. Blick in das Innere der neuen Halle

Abb. 2. Ein Binderzug der Halle

Abb. 4. Die Füllbrücke während des Füllens

leitung elektrischer Ladungen sind sie ferner nach den Vorschriften des Reichsausschusses für Blitzableiterbau geerdet. Gegen den Auftrieb durch Grundwasser werden die Kessel durch Eisenbetonringe gesichert, die an tief eingerammten Eisenbetonpfählen befestigt sind. Der Brennstoffstand in jedem Behälter wird durch Schwimmer angezeigt, etwa vom Brennstoff ausgeschiedenes Wasser mittels einer Pumpe abgezapft.

Die entnommenen Brennstoffmengen werden für sich an zwei hintereinandergeschalteten Durchflußmessern mit Zählwerk abgelesen, von denen der eine für größere, der andre für kleinere Mengen bestimmt ist. Diese Meßgeräte sind zur Verhütung von Störungen mit Blasenabscheidern und besondern Feinfiltern versehen. Von den Meßgeräten aus führen zwei getrennte Rohrleitungen bis zu den Zapfstellen, wo sie in einem doppelten Hahnstück zusammenlaufen. Beim Füllen öffnet man zunächst beide Hähne und sperrt den größeren davon ab, sobald der Behälter nahezu voll ist. Mit dem kleineren Hahn läßt man dann den Brennstoff langsam nachlaufen, bis er die richtige Füllung ergibt.

Alle in die Behälter führenden Rohre sind mit Flammendurchschlagsicherungen versehen, deren Ausführung dem Betriebszweck der einzelnen Leitungen angepaßt ist. So haben die Einfülleitungen und die Wasserabzapfleitungen Flüssigkeitsverschlüsse, die Zapfleitungen Rückschlagventile mit Siphonabsperrung, während die Be- und Entlüftleitungen mit Kiestöpfen ausgerüstet sind. Damit bei einem außen ausbrechenden Feuer kein Brennstoff gefördert werden kann, werden die in einem besondern Raum funken- und dunstsicher aufgestellten Motorpumpen mittels eines Quecksilberkontakts schon bei verhältnismäßig geringem Steigen der Temperatur stromlos gemacht. Schaltknöpfe unter Glasverschluß gestatten ferner, bei Feuergefahr nach Zerschlagen der Scheiben die Motoren mit der Hand auszuschalten. Die gesamte Lageranlage hat die Fabrik explosionssicherer Gefäße, G. m. b. H., Salzkotten, ausgeführt.

Zu erwähnen ist noch, daß der ganze Betriebsbahnhof durch eine Sprinkleranlage mit 1378 Brausen gesichert ist, deren Rohre im Ruhezustande mit Luft gefüllt und an einen Kessel mit 19 m³ Wasser und 12 m³ Druckluft von 9 at angeschlossen sind. Sobald an irgendeiner Stelle die Temperatur über die festgesetzte Grenze (in der Regel 70 °) steigt, schmilzt ein Sicherungspfropfen der betreffenden Brause aus, und das Austreten von Druckluft an dieser Stelle schaltet die ganze Anlage so um, daß sich das gesamte Rohrnetz mit Druckwasser füllt. Zugleich tritt eine Alarmglocke in Tätigkeit. Während so der Wasserinhalt des Behälters an der Brandstelle selbsttätig verspritzt wird, hat die Mannschaft Zeit, eine Hochdruck-Kreiselpumpe von 100 PS in Gang zu setzen, die weiteres Wasser aus dem städtischen Rohrnetz in die Löschleitungen fördert. [M 2570] H.

Automobilstraßenbau

Am 4. Oktober 1926 fand in Wiesbaden unter dem Vorsitz des Geh. Reg.-Rates Prof. Dr. Brix, Charlottenburg, in Anwesenheit der Vertreter der Reichs- und Staatsbehörden, der Landesregierungen, zahlreicher Städte und der Technischen Hochschulen eine Tagung der Studiengesellschaft für Automobilstraßenbau statt. Anwesend waren etwa 400 Abgesandte der verschiedenen Interessenkreise. Von den Obmännern der Ausschüsse der Gesellschaft berichtete zunächst Verbandsdirektor Dr. Schmidt, Essen, über die Arbeiten des Planungsausschusses, der für die ihm gestellte Aufgabe folgende Leitsätze zugrundegelegt hat:

1. Wirtschaftliches Verhältnis zwischen Schienenweg und Kraftwagenstraße,
2. Entwurf zu einem Kraftwagenstraßenplan Deutschlands,
3. Gestaltung von Kraftwagenbahnen und Kraftwagenstraßen,
4. Kraftwagenstraßen in den Bebauungsplänen.

Über die wirtschaftlichen Bedingungen des Schienenweges und der Kraftwagenstraße sind die Meinungen in den letzten Jahren sehr weit auseinandergegangen. Bei sorgfältiger Berechnung wird man finden, daß, selbst ohne die Straßenunterhaltungskosten in Betracht zu ziehen, bei mittleren Entfernungen und normalen Verhältnissen der Kraftwagenverkehr etwa das Doppelte, ja oft noch mehr an Kosten verbraucht als der Schienenweg. Noch ungünstiger wird das Verhältnis, wenn man zu den Beförderungskosten auf Kraftwagen noch die Kosten für den Bau neuer Kraftwagenstraßen hinzunimmt.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich, daß es zweckmäßig ist, den Ausbau der in Deutschland im Zeitalter

Abb. 5. Schema der Füllanlage

a Motorpumpen
b Anlasser
c Schaltknopf
d Ueberdruckventil
e Blasenabscheider mit Filter
f Kontrollmanometer
g Durchlaufmesser
h Windkessel
i Rücklaufbelüftung
k Doppelzapfschlauch
l Zapfhahn
m Wandzapfstelle
n Ablauftrichter
o Einlaßvorrichtung
p Be- und Entlüftungsleitungen
q Ventilgruben
r Standanzeiger
s Wasserzapfvorrichtung
t Benzinzapfpumpe
u Kiestopf
v Syphonverschluß mit Rückschlagventil
w Flüssigkeitsverschluß
x Peilrohr
y Kontaktthermometer
z Tauchtopf

der Postkutsche entstandenen Straßen nach einem großzügigen Plane vorzunehmen. Unter Kraftwagenstraßen sollen unsere gewöhnlichen Landstraßen verstanden werden, nachdem sie in einen für den Kraftwagenverkehr geeigneten Zustand gebracht sind, dagegen sind Kraftwagenbahnen solche Straßen, die ohne jede Niveaukreuzung besonders für den Kraftwagenverkehr gegen Erstattung eines Benutzungsgeldes angelegt werden. Der Ausschuß ist der Ansicht, daß Kraftwagenstraßen planmäßig ausgebaut werden müssen, daß dagegen selbständige Kraftwagenbahnen in Deutschland weder verkehrstechnisch notwendig, noch wirtschaftlich tragbar sind. Die vorhandenen Straßen sind nach ihrer Wichtigkeit und nach ihrer derzeitigen Belastung so auszubauen, daß im Reich in absehbarer Zeit ein Netz von Hauptdurchgangsstraßen entsteht.

Der Vorentwurf zu einem Kraftwagen-Straßennetz — dem sogenannten Spitzennetz — sieht den Bau neuer Autostraßen von insgesamt 15 355 km vor, der in 5 bis 6 Jahren geplant ist, und zwar durch Ausbau und Verbreiterung vorhandener Straßen, Umgehungsstraßen und den Bau neuer Straßendecken. Zum Ausbau sind folgende Strecken vorgesehen: Wesel–Düsseldorf–Köln–Frankfurt–Basel; Frankfurt–Nürnberg–Passau–Wien; Aachen–Köln–Magdeburg–Berlin–Danzig–Königsberg; Luxemburg–Koblenz–Kassel–Kreiensen; Saarbrücken–Mainz–Wiesbaden–Frankfurt–Leipzig–Dresden–Breslau–Oppeln; Hamburg–Hannover–Erfurt–Nürnberg–München–Bremen; Stettin–Berlin–Leipzig–Nürnberg.

Den Umbau des vorhandenen Straßennetzes für den neuzeitlichen Kraftwagenverkehr behandelte Oberregierungsrat Dr. Rappaport vom Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk.

Da nicht alle Straßen gleichzeitig in einen für den Kraftwagenverkehr geeigneten Zustand gebracht werden können, hat der Deutsche Straßenbauverband, dem die Staats- und Provinzialstraßen unterstehen, auf Grund einer sorgfältigen Verkehrszählung einen Plan für den Ausbau der wichtigsten Straßen aufgestellt. Gleichzeitig hat die Studiengesellschaft einen ähnlichen Plan bearbeitet. Bei beiden Arbeiten ist vorausgesetzt, daß die vorhandenen Straßen ausgebaut und neue nur zur Umgehung von Ortschaften angelegt werden.

Nach Ansicht der Studiengesellschaft ist es erforderlich, daß vom Reich für den Ausbau eines einheitlichen Straßennetzes mit genauer Klasseneinteilung der Straßen und für die Art der Unterhaltung der einzelnen Straßenklassen Verordnungen ergehen. Die örtliche Straßenunterhaltung kann ohne Bedenken in der bisherigen Form verbleiben.

Von den Berichten der übrigen Ausschüsse ist erwähnenswert, daß der Ausschuß für Hygiene sich insbesondre mit den Fragen der Staubentwicklung, Geräuschverminderung sowie Einwirkung der Straßenbindemittel auf Mensch und Tier befaßt und Untersuchungen der Verbrennungsgase von Motoren angestellt hat. Dabei hat sich herausgestellt, daß diese keinen schädlichen Einfluß auf Mensch und Tier haben.

Die Ausschüsse für Landstraßen, für Kleinpflaster-, Stadt-, Beton-, Teer-, Asphalt- und Klinkerstraßen, Holzpflaster und Schlackensteine sind bestrebt, für Bau und Unterhaltung dieser Straßenarten Richtlinien aufzustellen, die dann allgemein angewendet werden sollen. Der Ausschuß für Verkehrsregelung arbeitet Richtlinien für Wagenbreite und Spurweite der Fahrzeuge aus. Reichsverordnungen über den allgemeinen Fahrverkehr werden angestrebt.

Der Ausschuß für Gesetzgebung und Finanzierung verfolgt den Zweck einer einheitlichen Gesetzgebung für Straßenbau und -verkehr für ganz Deutschland. Er prüft die Vorschläge der übrigen Ausschüsse in verwaltungsrechtlicher Beziehung.

Erstrebt wird ferner ein Ersatz der Luxussteuer durch eine Betriebstoff- oder eine Reifensteuer. Die Post soll für ihren Kraftwagenverkehr zu den Steuern mit herangezogen werden.

Für den Ausbau der Straßen sind zur Zeit etwa 380 Mill. ℳ jährlich erforderlich, davon kommen ⅔ aus allgemeinen Steuern auf, ⅓ aus Zwecksteuern, und von diesen wieder 90 Mill. ℳ aus der Kraftfahrzeugsteuer.

Dem Ausschuß für wissenschaftliche Erforschung und praktischen Straßenbau gehören die Forschungsstellen der Hochschulen und die Materialprüfungsämter an. Der Aufgabenkreis umfaßt:

1. Baustoffprüfungen nach einem als brauchbar erprobten einheitlichen Prüfverfahren (dafür Aufstellung von Richtlinien),
2. Forschungsarbeiten über statische und dynamische Wirkung von Rad und Straße,
3. Prüfung ausgeführter Straßen.

An die Berichte schloß sich eine eingehende Erörterung, in der unter anderen Kommerzienrat Dr. Deidesheimer hervorhob, daß es vor allem notwendig sei, daß man sich mit der Kostenberechnung und Kostendeckung des Straßenbaues und der Unterhaltung beschäftige. Die Steuern müsse nicht allein der Kraftwagen tragen, sondern auch jedes andre Fuhrwerk; denn besonders der Pferdehuf bringe an den neuzeitlichen Straßenbauten Schäden hervor.

Zum Schlusse berichtete der Vorsitzende über den 5. Internationalen Straßenbaukongreß in Mailand, auf dem die Abgesandten von 50 Staaten vertreten waren.

Gustavsburg [N 2538] Baurat Wambsganß

Wärmetechnik

Wärmetechnische Tagung der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute

Die Tagung am 25. November 1926 im Sitzungssaale des Ingenieurhauses, Berlin, eröffnete Generaldirektor Dr.-Ing. E. H. Heinhold, Eisleben, mit einer kurzen Ansprache, in der er vor allem auf die Bedeutung wärmewirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit hinwies.

Prof. Dr. Endell, Berlin, berichtete zunächst über

neuere Gesichtspunkte bei der Verwendung feuerfester Baustoffe.

Diese Baustoffe haben nicht nur in der Metallhüttenindustrie, sondern auch in den meisten anderen industriellen Werken deshalb so große Bedeutung, weil sie für den Aufbau der Kessel, Öfen, Gaserzeuger usw. unentbehrlich sind. Für die feuerfesten Baustoffe bei Kesseln und Öfen sind besonders wichtig:

1. Unempfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen,
2. Widerstandfähigkeit gegen Schlacken- und Flugaschenansatz.

Versuche zur Prüfung der Temperatur-Empfindlichkeit in den letzten Jahren haben ergeben, daß zwischen den einzelnen Baustoffen je nach ihrer Zusammensetzung große Unterschiede bestehen. Durch wiederholtes Abschrecken wird die Haltbarkeit der Steine festgestellt. Nach Laboratoriumversuchen von Prof. Endell ist die Wärmedehnung der verschiedenen Bestandteile eines Baustoffes je nach der Temperatur verschieden; es ist z. B. möglich, daß ein Stein bei sehr hohen Temperaturen eine lange Lebensdauer hat und auch beträchtliche Temperaturschwankungen gut aushält, während er bei niedrigerer Temperatur und nur geringen Temperaturschwankungen schon sehr bald zerstört wird.

Sehr gut haben sich die neuen Mullit-Steine bewährt; sie sind aber sehr teuer. Außer den Laboratoriumsversuchen wurden zahlreiche Untersuchungen im Betriebe durchgeführt, um auch den Einfluß des Mörtels auf die Haltbarkeit der Feuerraumwände festzustellen. Es zeigte sich, daß verschiedene Sorten von Mörtel nicht, wie man meistens annimmt, die Wärmeausdehnung der Steine ausgleichen, sondern sie im Gegenteil noch verstärken. Deshalb ist auch die richtige Auswahl der Bindestoffe wichtig. Anstrichmassen haben in einzelnen Fällen die Lebensdauer der Steine erhöht. Es ist aber noch nicht gelungen, bestimmte Richtlinien für ihre Verwendung aufzustellen und ihre Eignung in allen Fällen nachzuweisen.

Die Widerstandfähigkeit gegen Schlackenansatz kann man ebenfalls im Laboratorium nachprüfen, nachdem mehrere brauchbare Meßgeräte dafür geschaffen worden sind. Diese Eigenschaft hängt nicht nur von den Baustoffen, sondern auch von den Schlacken ab, so daß sich die meisten Steine nur für bestimmte Brennstoffsorten eignen. Da es noch keine sicheren Mittel gibt, um die Steine gegen Schlackenansatz zu schützen, und da auch sehr hochwertige Steine, namentlich bei gewissen Kohlensorten, nur eine kurze Lebensdauer haben, so empfiehlt es sich, soweit es an Kesseln und Generatoren möglich ist, das Mauerwerk zu kühlen oder ganz durch wassergekühlte Heizflächen zu ersetzen.

Dipl.-Ing. Jordan, Düsseldorf, sprach sodann über

Rationalisierungsfragen auf Hüttenwerken.

Die Wärmewirtschaft ist nur ein Teil der Gesamtwirtschaft eines Werkes, und die Brennstoffersparnisse, die durch irgendwelche wärmetechnischen Maßnahmen erreicht werden, bedeuten nur dann wirkliche Ersparnisse in der gesamten Betriebführung, wenn sich dadurch die Kosten für Löhne, Verzinsung, Abschreibung usw. nicht erhöhen. Die gleiche Bedeutung wie die Energiewirtschaft haben auch die beiden anderen großen Teile der Gesamtwirtschaft, nämlich die Stoff- und die Menschenwirtschaft. Erst wenn alle diese Gebiete nach einheitlichen Leitsätzen bearbeitet werden,

ist eine wirkliche Rationalisierung und damit die höchste Wirtschaftlichkeit eines Werkes erreicht.

Der nächste Bericht von Dipl.-Ing. Ruß, Essen, behandelte

die Vergasung von Steinkohle und Koks

unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Metallhüttenindustrie. Für den Gaserzeugerbetrieb eignen sich nicht nur Braunkohlenpreßlinge, die die Metallhüttenindustrie zumeist verwendet, sondern auch Steinkohlen aller Art, soweit sie nicht allzu stark backen. Neuerdings hat man auch mit Erfolg Koks in Gaserzeugern vergast.

Je nach Beschaffenheit und Korngröße des Brennstoffes läßt sich durch verschiedene Maßnahmen der Wirkungsgrad der Gaserzeuger erhöhen. Durch Vorrichtungen zum Einebnen und Rührwerke kann man die Leistung oft ganz erheblich steigern, namentlich bei backenden Kohlen, sowie sehr feine Kohlen und Koksgrus wirtschaftlich vergasen. Welche Brennstoffart am günstigsten für den Betrieb ist, läßt sich nur von Fall zu Fall entscheiden. Bei großen Entfernungen des Werkes von der Zeche sind Steinkohlen und Koks meist Braunkohle und Braunkohlenpreßlingen überlegen

Am Nachmittag hielt als erster Dr.-Ing. Rosin, Dresden, einen sehr bemerkenswerten Vortrag über den

Wirkungsgrad metallurgischer Öfen

unter besonderer Berücksichtigung der Abhitzeverwertung. Er zeigte, daß der Arbeitsvorgang in der Kraftmaschine und die Verbrennung im Ofen wärmetechnisch sehr große Ähnlichkeit haben und daß man den thermischen Wirkungsgrad, den man bei der Kraftmaschine meist aus dem I-S-Diagramm ermittelt, bei Öfen ebenso schnell und einfach aus dem I-T-Diagramm für Feuergase erhält[1]).

Auf die Hauptvorträge folgten noch mehrere Berichte, unter denen zunächst der von Dr.-Ing. Wählert, Osnabrück, über

Kohlenstaubfeuerung bei Raffinieröfen

zu erwähnen ist. Diese Öfen stellen an die Feuerung besondere Anforderungen wegen der verschiedenen chemischen und physikalischen Vorgänge, die im Verlaufe der Verfeinerung auftreten. Wichtig ist vor allem eine gut regelbare, lange Flamme von mindestens 1100 °; außerdem dürfen die Feuergase keinen schädlichen Einfluß auf die Oxydation haben. Die Kohlenstaubfeuerung hat wegen ihrer hohen Temperaturen und ihrer guten Regelbarkeit Vorzüge vor der Rost- und Gasfeuerung, aber auch Nachteile; denn man braucht eine besondere Aufbereitanlage, die hohe Anschaffungskosten verursacht und auch nicht unerheblich Kraft verbraucht; ferner ist der Ansatz von Flugasche an den Feuerraumwänden ungünstig, der um so stärker ist, je aschenreicher die Kohlen sind. 30 bis 40 vH Aschengehalt sind wohl die wirtschaftliche Höchstgrenze; Kohlen mit noch höherem Aschengehalt kommen für die Vermahlung nicht in Frage.

Das Ideal für Raffinieröfen ist die Ölfeuerung, die alle Vorteile, aber nicht die Nachteile der Staubfeuerung hat. Die Ölpreise sind aber in Deutschland zu hoch. Anderseits hat die Kohlenstaubfeuerung eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung, da sie ermöglicht, minderwertige Kohlen mit hohem Wirkungsgrad zu verbrennen. Da die Preise dieser Kohlensorten sehr niedrig sind, so ist die Kohlenstaubfeuerung vielfach der Rost- und Gasfeuerung, selbst bei gleichem Wirkungsgrad, wirtschaftlich überlegen. Voraussetzung ist allerdings, daß die Aufbereitung nicht zu teuer wird. Schädliche Einflüsse der Feuergase und der Flugasche auf die Verfeinerung sind bei jahrelangen eingehenden Untersuchungen nicht festgestellt worden.

Dr. Wohlwill, Hamburg, berichtete sodann über Erfahrungen an großen

Kohlenstaub-Raffinieröfen der norddeutschen Affinerie in Hamburg.

Die früheren Wärmespeicheröfen mit Gasfeuerung, deren Fassungsvermögen 50 bis 80 t betrug, wurden in den letzten Jahren durch große Öfen mit Kohlenstaubfeuerung und 150 bis 200 t Fassungsvermögen ersetzt. Der Brennstoff, eine hochwertige Fettsteinkohle von 7300 bis 7500 kcal/kg unterem Heizwert und 23 bis 25 vH flüchtigen Bestandteilen, wird in einer gemeinsamen Mahlanlage zerkleinert und in einer Trommel bis auf 1 vH Wassergehalt getrocknet. Kohlenstaubpumpen fördern dann den Staub zu den Bunkern. Jeder Ofen hat drei wagerechte Brenner, zwei von je 600 und einen von 400 kg/h Staubverbrauch. Die Regelung arbeitet jetzt, nachdem die anfänglichen Schwierigkeiten überwunden sind, einwandfrei. Die Feuerraumbelastung beträgt im Mittel 115 000 bis 150 000 kcal/m³h. Die Abhitze wird in Wasserrohrkesseln von 300 m² Heizfläche ausgenutzt und ergibt noch etwa 2 bis 4 kg Dampf für 1 kg Kohle, entsprechend einer Rückgewinn an Wärme von 25 bis 50 vH. Der Aschengehal des Brennstoffes ist nur sehr gering; infolgedessen halte sich auch die Feuerraumwände gut.

Obgleich bisher noch keine genaueren Vergleichsver suche durchgeführt werden konnten, steht doch einwand frei fest, daß die Kohlenstaubfeuerung einen wesentliche Fortschritt gegenüber der Gasfeuerung bedeutet. Nament lich ist die Ausnutzung der Abhitze in den Dampfkessel wesentlich besser als früher in den Wärmespeicherkammern Die Aufbereitung des Kohlenstaubes ist nicht sehr teue und kostet 2 bis 3 ℳ, bezogen auf 1 t Kohlenstaub. De gesamte Kraftverbrauch für die Aufbereitung der Kohl wird auf rd. 32 kWh, bezogen auf 1 t Staub, geschätzt, wovo auf die Mahlanlage etwa 20 kWh/t entfallen. Die Erspar nis durch die Kohlenstaubfeuerung ist beträchtlich, obscho man der örtlichen Verhältnisse wegen auf ihren Haupt vorteil, die Verwendung minderwertiger Brennstoffe, ver zichten mußte.

Dir. Fraulob und Dr. Hentze, Berlin, berichtete über die Grenzen des Brennstoffverbrauchs und der Wirt schaftlichkeit beim pyritischen Kupferschmelzen.

Zum Schluß teilte Dr.-Ing. Borchers, Burgörner einige Reiseeindrücke aus der amerikanischen Kupferhütten Industrie mit.

Die Tagung hat durch den regen Meinungsaustausch der in den Vorträgen und Berichten sowie in der Aus sprache zum Ausdruck kam, den wärmewirtschaftliche Fortschritt zweifellos gefördert.

[N 2625] E. Praetorius.

Hebezeuge

Plattenkrane mit Saugtellern

Zu den Gütern, die wegen ihrer großen Abmessunge bei verhältnismäßig geringem Gewicht einen beträchtliche Zeitaufwand für das Aufnehmen und Wiederabstellen erfor dern, zählen die Platten. Bei Eisenblechen besitzt man i den Hubmagneten, die bei langen Platten zu mehreren a einem am Lastseil hängenden Querarm befestigt sind, ei zweckmäßiges, rasch arbeitendes Lastaufnahme- und Las abgabemittel. Zur Beförderung unmagnetischer Werkstoff wie Platten aus Glas, Messing, Kupfer, Aluminium Nickel, Zink usw., verwendet man Lastaufnahmevorrich tungen mit Saugtellern[1]). Die Lastaufnahmevorrichtun des Kranes hat eine Reihe von Hohltellern, die am Rand mit einer Dichtung versehen sind. Die Teller werden au die zu bewegende Platte aufgesetzt und hierauf so wei entlüftet, daß der durch den Außenluftdruck erzeugt Anpreßdruck mit großer Sicherheit das Eigengewicht de Platte übersteigt.

Abb. 6 bis 9 zeigen zwei Ausführungsarten der Demag Duisburg. In Abb. 6 und 7 sind die Saugteller an einem Rahme befestigt, der in den Lasthaken eines Laufkranes eingehäng ist. In Abb. 8 und 9 ist der Rahmen an dem wagerechte Ausleger einer Säule befestigt, die in einem von der Lau katze herabgeführten ausziehbaren Hängegerüst geführ ist. Der Führerstand ist hierbei auf der Rückseite diese Auslegers angeordnet, um dem Führer einen bequemen Über blick über das Arbeitsfeld zu gestatten. Der Ausleger kan um die senkrechte Achse schwenken und Drehungen u seine wagerechte Achse ausführen, so daß die Platte i jeder Neigung befördert werden kann, also auch auf de Saugtellern liegend, um sie in dieser Lage auf einen Tisc abzulegen, der entsprechend dem gabelförmig durchgebi deten Ausleger aus ebenfalls gabelförmigen Zinken besteh

Neben den normalen Triebwerken zum Heben, Katz fahren, Kranfahren sowie Schwenken und Drehen des Aus legers ist auf dem Kran noch eine umlaufende Demag Luftpumpe *a* vorhanden, die durch einen Elektromotor angetrieben wird. Die Pumpe steht unter Zwischer schaltung eines Kessels *c* mit den Saugnäpfen *d* i Verbindung, und zwar führt vom Kessel aus, der au etwa 0,1 at abs entlüftet ist, zum Querrahmen eine beweg liche Schlauchleitung mit einem eingebauten, elektro magnetisch betätigten Dreiwegventil, die nach Abb. 6 und durch den durchbohrten Lasthaken geführt wird. An de Querrahmen sind die Saugteller an diese Schlauchleitun derart mittels einzelner Rohrleitungen angeschlossen, da sie je nach Größe und Schwere der zu befördernden Platt zu- oder abgeschaltet werden können. Der pneumatisch Lastaufnehmer kann ohne große Schwierigkeit an jede vorhandenen Kran angebaut werden; ist die Anordnung de Luftpumpe mit Kessel auf der Katze nicht möglich, so kan man sie auf einem an das Katzengerüst angebauten Absat unterbringen.

Beim Aufsetzen der Teller auf die Platte auftretend Stöße werden durch Federn aufgenommen, die in die Telle

[1]) Der Vortrag erscheint demnächst in der Zeitschrift als Aufsatz.

[1]) Vergl. auch Z. Bd. 68 (1924) S. 517.

Abb. 6 und **7**
Plattenkran mit Saugtellern; Saugteller an in den Lasthaken des Laufkrans eingehängtem Rahmen befestigt
a Luftpumpe *c* Kessel
b Elektromotor *d* Saugnäpfe

Abb. 8 und **9.** Plattenkran mit Saugtellern. Rahmen mit Saugtellern am wagerechten Ausleger einer Säule

halter eingebaut sind. Die in dem Kessel befindliche Luft von 0,1 at abs vermischt sich durch Betätigen des Dreiwegeventils mit der in den Rohrleitungen und den Tellern vorhandenen Luft von atmosphärischem Druck zu einem Mischdruck, der genügt, um die Platte mit genügender Sicherheit zu halten. Der größeren Sicherheit wegen und um die vielleicht eintretenden Unterdruckverluste in den Berührungsflächen der Tellerdichtungen mit der Platte auszugleichen, beginnt die umlaufende Luftpumpe sofort nach der Öffnung des Dreiweghahnes zu arbeiten, um den Kesseldruck wieder auf 0,1 at abs zu vermindern. Auf der Unterseite der Katze ist ein Manometer mit Skalen auf beiden Seiten angeordnet, so daß der Kranführer und die auf Flur stehenden Bedienungsleute den vorhandenen Unterdruck ablesen können. Nach Heben und Fördern sowie Senken der Platte auf die hierfür vorgesehene Unterlage oder das Stapelgestell wird der Schalter des Dreiweghahnes vom Kranführer so betätigt, daß der Kessel von der Schlauchleitung abgeschlossen und das Innere der Teller belüftet wird. Dadurch wird die Verbindung mit der Platte sofort gelöst, und der Rahmen kann abgehoben werden, wobei der bewegliche Schlauch selbsttätig auf eine vom Hubwerk angetriebene Schlauchtrommel aufgewickelt wird.

Der Rahmen kann auch exzentrisch am Lasthaken aufgehängt werden, so daß die Platte geneigt befördert wird und bequem auf geneigte Stapelgerüste hochkant abgestellt werden kann.

Der Plattenförderkran wird normalerweise für 3 t Tragfähigkeit ausgebildet, auch für den Fall, daß die Gewichte der Platten geringer sind. Hat der Kran noch größere Einzellasten zu bewegen, dann kann er natürlich für eine größere Tragfähigkeit bemessen werden. [M 2283]

Geschiebeableitung bei Spaltung von Wasserläufen

Wegen Platzmangels in der Zeitschrift mußte der Auszug in Z. Bd. 71 (1927) S. 53 aus meiner Arbeit „Untersuchungen über die Geschiebeableitung bei der Spaltung von Wasserläufen“[1]) kurz gefaßt werden; dabei ist bedauerlicherweise unterlassen worden, auf andre dieses Gebiet behandelnde Arbeiten hinzuweisen, die im Quellenverzeichnis der Hauptarbeit angegeben sind.

Dies betrifft vor allem den Aufsatz von Prof. H. Thoma: „Geschiebebewegung in wasserdurchströmten Gerinnen und die Ausbildung der Kanaleinläufe bei Wasserkraftanlagen“, in den Veröffentlichungen der „Mittleren Isar“-A.-G., München, betr. die Modellversuche über die zweckmäßigste Gestaltung einzelner Bauwerke (Charlottenburg 1923, Rom-Verlag). Die dort beschriebenen Versuche ergaben eine gute Lösung für die Aufgabe der Geschiebebeseitigung vor dem Kanaleinlauf oberhalb eines Wehres durch den Einbau von ständig offenen, zum Unterwasser führenden Spülkanälen in die Einlaufschwelle des abzweigenden Kanals.

Von Prof. Rehbock wurden vor einigen Jahren im Karlsruher Flußbaulaboratorium ebenfalls einige, allerdings nicht weiter fortgesetzte, Versuche mit dem Modell einer Kanalverzweigung angestellt. Ich benutze diese Gelegenheit, um auch auf die bekannten grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiete der Wirbeltheorie hinzuweisen, die im Institut für Strömungsforschungen von Prof. Prandtl, Göttingen, ausgeführt worden sind. [N 71]

Kassel Dr.-Ing. H. Bulle

[1]) Forschungsarb. auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgeg. vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 283.

Kleine Mitteilungen

Dieselmotor mit Turbogebläse

Auf dem Prüfstand der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik sind vor kurzem Versuche an einem Vierzylinder-Viertakt-Dieselmotor von 500 PS Nennleistung mit künstlicher Nachladung durchgeführt worden. Das Gebläse wurde von einer Auspuffgasturbine von Brown, Boveri & Cie. angetrieben. Es ergab sich, daß der Motor ohne Steigerung der Temperatur der Auspuffgase bei 0,5 at Überdruck der angesaugten Luft mit 50 vH Mehrleistung laufen, aber auch bis zu 1000 PS bei befriedigender Verbrennung erreichen konnte. Bei 750 PS Leistung war der Brennstoffverbrauch mit 185 g/PS_eh niedriger, als der günstigste Verbrauch von 192 g/PS_eh bei 500 PS ohne Verwendung des Ladegebläses. Berücksichtigt man die Zunahme der Wärmebeanspruchungen bei Steigerung der Leistung eines gewöhnlichen Dieselmotors, so kann man sagen, daß man durch Verwendung des Ladegebläses bei gleicher Leistung die Wärmebeanspruchungen um etwa 30 vH vermindern kann. („Le Génie Civil" 12. Februar 1927 S. 161/64*) [N 178 a] H.

Brennstoffanzeiger für Dieselmotoren

Die italienische Marine hat eine Vorrichtung von C. Baulino bei ihren Unterseebootsmotoren eingeführt, die auf sehr einfache Weise ermöglicht, zu prüfen, ob sämtliche Zylinder eines Dieselmotors die gleiche Brennstoffmenge erhalten. An einen Hauptbehälter, der aus dem Vorrat gespeist wird und in dem ein Schwimmer die Höhe des Brennstoffes möglichst gleich erhält, sind so viele Hilfsbehälter angeschlossen, als der Motor Zylinder und, wie üblich, getrennte Brennstoffpumpen hat. Der Übertritt des Öles aus dem Hauptbehälter in die Hilfsbehälter, die mit Ölstandrohren versehen sind, wird durch verstellbare Düsen so geregelt, daß der Stand des Brennstoffes in allen Hilfsbehältern gleich ist. Infolge des Widerstandes in den Düsen stellt sich der Brennstoff in den Hilfsbehältern stets niedriger ein als im Hauptbehälter. Die Weite der Düsenöffnungen wird der Art des Brennstoffes angepaßt. Zu diesem Zweck sind die Düsenöffnungen in einem Rohr angebracht, das man verdrehen und dadurch mit andern Düsen zur Wirkung bringen kann, wenn sich der Brennstoff ändert. Die Einrichtung hat sich an dem 2000 PS-Unterseebootsmotor der Fiat-Gesellschaft bewährt. („The Engineer" 11. Februar 1927 S. 157/58*) [N 178 b] H.

Verbesserung der Verbrennung durch Luftzufuhr oberhalb des Rostes

In dem Kraftwerk der Commonwealth Edison Co., Chicago, wird vor allem Illinois-Kohle auf Rosten verfeuert. Bei dem hohen Wasser- und Aschengehalt des Brennstoffes, dem niedrigen Schlackenschmelzpunkt und dem hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und Schwefel hatte man große Schwierigkeiten, eine gleichmäßige und gute Verbrennung zu erzielen. Genaue Messungen ergaben, daß der CO_2-Gehalt über der vorderen Hälfte des Rostes 10 bis 13 vH betrug bei sehr geringem Sauerstoffgehalt, aber sehr starkem CO-Gehalt. Am Ende des Rostes dagegen war der CO_2- und CO-Gehalt sehr gering, der Sauerstoffgehalt dagegen außerordentlich hoch. Eine ganz ähnliche Gasverteilung ergaben die Messungen am ersten Zuge. Die Folge dieser ungleichmäßigen Verteilung war starke Rauchbildung und niedriger Wirkungsgrad.

Man baute nunmehr oberhalb des Rostes an dem vorderen Gewölbe vierzehn nebeneinanderliegende Düsen ein, die mit dem Drucklüfter in Verbindung stehen und einzeln regelbar sind. Durch diese Düsen wird ein Teil der Verbrennungsluft so zugeführt, daß die Luftstrahlen etwa die Mitte des Rostes treffen. Bei richtiger Regelung der Luftzufuhr erhielt man eine vollständig gleichmäßige Verbrennung ohne jede CO-Bildung bei etwa 15 vH CO_2-Gehalt. („Power" 25. Januar 1927 S. 130) [N 178 c] Pt.

Das Trocknen von Formen mit Hilfe elektrisch erzeugter Wärme

In den Anlagen der Gleason Works, Rochester, N. Y., sind erfolgreich Versuche durchgeführt worden, Formen mit Hilfe elektrisch erzeugter Wärme zu trocknen. Man verwendet Heizkörper von rd. 460 mm Länge und rd. 38 mm Dmr., von denen sechs in einen Rahmen eingebaut und in Reihe geschaltet sind; sie werden mit Wechselstrom von 230 V bei 32 A gespeist. Bei einer aus zwei Formkastenhälften bestehenden Form wurden auf dem Rande des unteren Formkastens feuerfeste Steine in mehreren Reihen übereinander aufgestellt. In dem Raume zwischen den Steinwänden werden die Heizkörper isoliert von der Form angebracht; die Stromzuführungen sind mit Asbest verkleidet. Auf den oberen Rand der Steinwände wird die obere Kastenhälfte aufgesetzt. Eine Form von den Abmessungen rd. 1220 × 1220 × 915 mm³ kann mit Hilfe eines Heizkörpers in zwei bis vier Stunden getrocknet werden, wobei 15 bis 30 kWh Stromverbrauch auftreten. („The Iron Age" 3. Februar 1927 S. 359*)
[N 178 e] Gw.

Das Vermunt- und das Lünerseewerk

Von den Wasserkraftanlagen, deren Bau die Vorarlberger Illwerke, Gesellschaft m. b. H., Bregenz, in Aussicht genommen hat, werden zunächst das Vermunt- und das Lünerseewerk ausgeführt. Über diese hat uns die Gesellschaft folgende nähere Angaben gemacht[1]):

Das Vermuntwerk an der oberen Ill im Montafon wurde im Jahre 1926 in Angriff genommen. Im Vermuntbecken wird auf 1740 m ü. M. eine Talsperre errichtet, an die sich ein rd. 2,5 km langer Druckstollen anschließt. Das Wasser wird in zwei eisernen Druckleitungen dem Krafthause zugeführt. Das Rohgefälle beträgt rd. 730 m. Im Krafthaus ist eine Maschinenleistung von etwa 70 000 kW vorgesehen; die Jahresarbeit des Werkes wird etwa 130 Mill. kWh betragen.

Für das Lünerseewerk sind derzeit die Abdichtungsarbeiten am Lünersee im Gang, um die Wasserverluste des Sees durch die Felsbarre, die den Abschluß gegen das Tal bildet, zu beseitigen. Zur Vornahme dieser Arbeiten wurde der See durch einen 180 m langen Stollen 50 m unter dem Seespiegel angefahren und hierauf abgesenkt. Die Ergebnisse der Absenkung, die im Winter 1925/26 erfolgte, sind günstig. Der Lünersee liegt 1940 m. ü. M. und hat 30 bis 40 Mill. m³ nutzbaren Inhalt. Um die Zuflüsse zu vergrößern, plant man, den Gletscherabfluß des Brandner-Ferners zuzuleiten sowie ein Speicherpumpwerk im benachbarten Rellstal auf 1450 m ü. M. zu errichten. Außer der Wassermenge, die im Lünersee für den Winter aufgespeichert wird, soll noch der Alvierbach mit seinen Zuflüssen in tieferen Lagen ausgenutzt werden. Das Rohgefälle des Lünerseewerkes beträgt 1370 m, die Jahresenergieerzeugung rd 90 Mill. kWh hochwertige Winterspitzenkraft; außerdem fallen größere Mengen Sommerenergie an, die hauptsächlich für das Pumpwerk im Rellstal verwendet werden.

[1]) Die in Z. Bd. 71 (1927) Heft 1 S. 28 enthaltenen Angaben über die Leistung dieser Werke und die Wassermengen der für sie zu schaffenden Staubecken sind zu hoch; sie schließen auch die Zahlen für die Anlagen ein, die die Voralberger Illwerke noch außer den beiden genannten Werke zu errichten beabsichtigt.

[178 d]

Die niederländische Handelsflotte im Jahre 1926

Im Laufe des Jahres 1926 wurde die niederländische Handelsflotte nach und nach ganz in den Dienst gestellt. Hauptsächlich infolge des großen englischen Kohlenstreikes stiegen die Anfragen nach Schiffsraum und die Preise. Die wirtschaftlichen Ergebnisse sind aber im allgemeinen dennoch nicht befriedigend.

Seit 1916 hat sich die Flotte regelmäßig vergrößert, in der Zeit von 1919 bis 1922 sogar um 130 Schiffe mit 903 280 B.-R.-T., im Jahre 1926 um 26 Schiffe mit 44 820 B.-R.-T. Die ganze Handelsflotte besteht augenblicklich aus 971 Schiffen mit 2 511 293 B.-R.-T.

Durch Seeunfälle gingen vier Dampfer, ein Motorsegelschiff und vier Segelschiffe verloren; das bedeutet einen Verlust von 0,42 vH der Flotte.

In Bau sind zur Zeit acht größere Fahrgast- und zwei Frachtdampfer mit zusammen ungefähr 80 000 B.-R.-T., während acht Tankschiffe und eine Anzahl Motor- und Motorsegelschiffe in Auftrag gegeben sind. („Handelsberichten" 10. Februar 1927 S. 199/202) [N 178 f] Tr.

Berichtigung

Schieferbrechmaschine

Unter dieser Überschrift wurde auf S. 106 in Heft 3 (1927) über einen englischen Bagger berichtet. Es handelt sich jedoch nicht um das Brechen von Schiefer, sondern um eine in der Ziegelindustrie von Peterborough benutzte Maschine zum Abtragen von sehr hartem Ton, der allerdings „fast die Beschaffenheit von Schiefer hat". Kd. M.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Alfred Krupp. Von Wilhelm Berdrow. 2 Bde. Berlin 1926, Reimar Hobbing. 1. Bd. 344 S. m. versch. Abb.; 2. Bd. 422 S. m. versch. Abb. Preis 36 M[1]).

Seit dem Erscheinen der Lebenserinnerungen von Werner Siemens ist kein geschichtliches Werk von gleicher Bedeutung über den Werdegang eines der großen Führer der Technik erschienen wie die vorliegende, zwei reich ausgestattete Bände füllende Abhandlung Berdrows über Alfred Krupp, den Vater des Gußstahls und den Schöpfer der Kruppschen Werke. Über die Entwicklung der Krupp-Werke selbst ist in der zur Jahrhundertfeier herausgegebenen Festschrift bereits eine zusammenhängende Darstellung vorgelegt worden. Wie sehr aber die Persönlichkeit Alfred Krupps bestimmend auf die Gestaltung des von ihm hinterlassenen Werkes eingewirkt hat und darüber hinaus auf die Stahlindustrie ganz Europas, wie das Auf und Ab der wirtschaftlichen Wellenbewegung sich in den Schicksalen seines Werkes wiederspiegelt, das politische Geschehen, die ungeheure Umwälzung der Technik im vorigen Jahrhundert, wie in all dem stürmischen Chaos des werdenden Reiches dieser eine Mann das Unternehmen immer wieder vorwärts reißt zu beispiellosem Aufschwung, das ist in diesen beiden Bänden mit fast dramatischer Wucht zusammengefaßt.

Das Buch gilt der Persönlichkeit Alfred Krupps. Der Ingenieur und Fachmann würde daneben vielleicht gern etwas eingehenderes über den technischen Entwicklungsgang lesen. Aber das Studium dieses großen Unternehmers, dieses ausgesprochenen Charakters mit all seinen Licht- und Schattenseiten wird gerade den Ingenieur besonders fesseln, wenn er sieht, in wie hohem Maße Alfred Krupp im eigentlichen Kern seines Wesens Ingenieur, d. h. gestaltender, schöpferischer Geist gewesen ist. Autodidakt, aber aufgewachsen in einer mit Technik durchsättigten Atmosphäre, als 14jähriger Knabe zum selbständigen Geschäftsführer seines väterlichen Betriebes bestellt, streut dieser Jüngling, dem die Sorgen des Alltags kein Fachstudium gestattet haben, eine solche Fülle von metallurgischen, betriebstechnischen, konstruktiven Ideen aus, daß er bald eine Schar von Meistern und Arbeitern in Atem hält. Der Abschnitt, der von den Jugendjahren Krupps handelt, ist wohl der ergreifendste des ganzen Werkes. Über die drei großen Abschnitte seines Schaffens, die Hartstahlwalzen, die Gußstahlbandagen für Eisenbahnräder und das Gußstahlgeschütz geht der Weg aufwärts, bis das Werk schließlich in seiner Bedeutung für Wirtschaft und Landesverteidigung zum weltpolitischen Faktor wird.

Mit einer Rücksichtslosigkeit ohnegleichen, nur auf die Arbeit an der Weiterentwicklung seines Lebenswerkes und damit aller seiner Angehörigen, vom Arbeiter bis zum Mitglied der Prokura, bedacht, wächst er heran aus den harten Kampfjahren der Jugend zu einem Herrschertypus von einzigartiger Prägung, unbeugsam vor Widerständen und Gegnern, glühend vor Leidenschaft, wenn es das Schicksal seiner Ideen gilt, mild und freigebig, wenn er treue Mitarbeit fühlt, und doch von der ganzen Tragik der wahrhaft großen Menschen umwittert, die ihr Schicksal so oft über ihre Zeitgenossen hinaus in die Einsamkeit und Starrheit des Genies hineinwachsen läßt.

Das Buch ist, in der Herausarbeitung dieser Lebenslinie, ein Kunstwerk, ungeachtet des reichhaltigen Stoffes an geschichtlichen Daten, an persönlichen, reizvollen Erinnerungen, an scharfen Lichtern und Glossen zur Entwicklung des politischen und wirtschaftlichen Deutschlands im vorigen Jahrhundert. Es ist das Hohelied der Persönlichkeit. Und wenn wir heute, im Zeitalter der Fusionen, der Trusts das Loblied der „Organisation“ vielleicht etwas zu aufdringlich vernehmen, so zeigt uns das Studium eines solchen Lebens mit zwingender Überzeugungskraft, daß Schicksale der Einzelnen wie der Völker, der Werke und der Wirtschaft, von Menschen geformt werden, die sich selbst und ihr ganzes Dasein aufgeben für ihre Ideen. Vor allem in der Technik. Nichts kann uns besser daran erinnern, wie sehr technischer Fortschritt und Persönlichkeitswerte miteinander verknüpft sind, als ein solches Buch. Darum möge es gerade in den Kreisen unserer Fachgenossen weiteste Beachtung finden.

[E 129] E. Heidebroek

[1]) Das Werk kann durch die VDI-Buchhandlung bezogen werden. Preis in Leinen 30 M

Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. Von Walther Nernst. 11. bis 15. Aufl. Stuttgart 1926, Ferdinand Enke. 927 S. m. 61 Abb. Preis 46 M.

Lehrbuch der physikalischen Chemie in elementarer Darstellung. Von John Eggert. Leipzig 1926, S. Hirzel. 538 S. m. 111 Abb. Preis 26 M.

Von den vorliegenden beiden Büchern möchte der Fernstehende meinen, daß sie verschiedene Gegenstände behandeln. Aber was der eine Verfasser „Theoretische Chemie“, der andre „Physikalische Chemie“ nennt, ist genau dasselbe, so genau, daß beide Bücher selbst die gleiche Haupteinteilung haben.

Nernst gliedert sein Werk in: I. Allgemeine Eigenschaften der Stoffe, II. Atom und Molekul, III. Umwandlungen der Materie, IV. Umwandlungen der Energie. Eggert dagegen teilt ein in: A. Grundlagen der atomistischen Betrachtungsweise, B. Lehre von den Stoffen und — etwa den Hauptabschnitten III und IV bei Nernst entsprechend — C. Lehre von den chemischen Vorgängen. Beiden Büchern ist eben der Grundgedanke von Nernst (S. 518) gemeinsam: „Als das letzte Ziel der Verwandtschaftslehre muß die Aufgabe bezeichnet werden, die bei den stofflichen Umwandlungen wirkenden Ursachen auf physikalisch wohl erforschte zurückzuführen.“

Über Nernsts Meisterwerk ist kaum Neues zu sagen; er bezeichnet es zwar als Lehrbuch, das auf Vollständigkeit keinen Anspruch erhebe. Man kann ihm aber ruhig den Charakter des Handbuches zusprechen; es ist eben das unentbehrliche Nachschlagbuch für jeden, der auf dem Grenzgebiet von Physik und Chemie arbeitet. Jede neue Auflage wird auf den letzten Stand der Forschung ergänzt. Diesmal ist besonders den neuen Forschungen auf dem Gebiet der Elektronentheorie und der Photochemie Rechnung getragen. Das ursprünglich schmale Buch ist jetzt auf 927 Seiten angeschwollen und als einzelner Band kaum mehr zu wälzen. Mit dem Hauptabschnitt III (S. 518) würde zweckmäßig und völlig organisch ein zweiter Band beginnen.

Eggert versucht, in möglichst elementarer Weise in die physikalische Chemie einzuführen. Er verzichtet daher auf viele Einzelheiten und bringt dafür, in die Darstellung eingeschoben, eine Fülle durchgeführter Beispiele. Bei Nernst dienen Zahlenbeispiele im allgemeinen dazu, die entwickelten Gesetzmäßigkeiten zu erhärten, bei Eggert dazu, sie zu erklären und ihre praktische Anwendung zu zeigen. Zu diesem Zweck bedient er sich reichlich graphischer Darstellungen, ferner vieler Inhaltsangaben in Form kurzer Randbemerkungen; endlich sind am Rand statt im Text oder in Fußnoten die Seitenzahlen von Bezugstellen angegeben. Da ferner die Darstellung wirklich sehr einfach und klar ist und dabei bis zu den neuesten Theorien und Verfahren vordringt (z. B. ist das Verfahren von Debye-Scherrer zur Bestimmung der Kristallstruktur mit Röntgenstrahlen ausgezeichnet behandelt), so kann das Buch wohl neben dem umfassenderen von Nernst bestehen und jedem empfohlen werden, der sich schnell unterrichten und das Gelernte anwenden muß. Die Ausstattung des Buches ist ebenfalls vorzüglich. [E 2724] Max Jakob

Illustriertes Brauerei-Lexikon. Herausgeg. von F. Hayduck. Berlin 1925, Verlag Paul Parey. 2. neubearb. Aufl. 1. Bd. 533 S. m. 367 Abb., 2. Bd. 438 S. m. 234 Abb. Preis 54 M.

Der maschinentechnische Teil dieses Nachschlagewerkes läßt eine sorgfältige Bearbeitung erkennen. Eine umfangreiche, mehr zusammenfassende Behandlung z. B. der Wärmewirtschaft des Brauereibetriebes und andrer Gebiete hätte man gern gesehen. Die Einzelbeschreibungen von Maschinen und Geräten sind klar, die Abbildungen nicht immer gut zu nennen. Daß in einem derartigen Nachschlagewerk auch die Lebensbeschreibungen verdienstvoller Fachgenossen aufgenommen werden, ist selbstverständlich. Daß aber so viele noch lebende, insbesondere auch Mitarbeiter des Lexikons in dieser Weise hervortreten und sich sogar im Bilde bewundern lassen müssen, verstößt wohl etwas gegen den guten Geschmack.

[E 2743] Gs.

Brennstoff und Verbrennung. Von D. Aufhäuser. 1. Teil: Brennstoff. Berlin 1926, Julius Springer. 116 S. m. 16 Abb. Preis 4,20 M.

Der Verfasser hat schon 1920 gelegentlich einer Versammlung der Hauptstelle für Wärmewirtschaft den Leitsatz entwickelt, daß die Vielfältigkeit der Form unsrer

Feuerungen nicht in der Verschiedenheit des eigentlichen Verbrennungsvorganges, sondern in den chemischen Umwandlungen bedingt ist, welche die Brennstoffe als Kohlenstoffverbindungen vor der Verbrennung erfahren. Im vorliegenden 1. Teil der Arbeit werden die Brennstoffe nicht so sehr beschreibend, als vielmehr im Hinblick auf eine einheitliche Auffassung ihrer Verbrennung behandelt. Im 2. Teile sollen die Vorgänge bei der Zündung, Verbrennung und Explosion aus dem Chemismus der Brennstoffe abgeleitet werden.

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, 2. R. 2 H. **Übersicht über das in den Jahren 1911 bis Anfang 1924 erschienene Schrifttum auf dem Gebiete der Lufthygiene.** Von R. Weldert. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 80 S. Preis 9,60 *M*.

Die vorliegende Schrift bringt eine für die Praxis überaus wertvolle zusammenfassende Übersicht über das neuere Schrifttum über Reinhaltung der Luft. Dieser Sammelbericht umfaßt, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die von etwa 1911 bis Juni 1924 erschienenen Arbeiten auf dem Gebiete der Lufthygiene. Die Schrift ist in folgende 11 Abschnitte eingeteilt: Einleitung, Vorkommen und Bestimmung der der Luft beigemischten Gase, Heizung und Lüftung, Vorkommen und Bestimmung der der Luft beigemischten festen Stoffe, Keime in der Luft, industrielle Abgase und Staube, Staubbekämpfung in Wohn- und Industrieräumen, Staubbekämpfung im Freien, Pflanzenschädigungen durch der Luft beigemischte gasförmige und feste Stoffe, Orts- und Verfasserverzeichnis, Sachverzeichnis.

[E 2719] Klut.

Durchlaufende Eisenbetonkonstruktionen in elastischer Verbindung mit den Zwischenstützen. Von F. Kann. Berlin 1926, Julius Springer. 72 S. m. 47 Abb. Preis 7,20 *M*.

Durch die neuen Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton vom September 1925 gewinnt die Berechnung der durchlaufenden Eisenbetonkonstruktionen auf elastisch eingespannten, d. h. festverbundenen Zwischenstützen immer mehr an Bedeutung, da solche Konstruktionen mit erheblichen Verringerungen des Baustoffaufwandes und somit wirtschaftlichen Vorteilen verbunden sind. Die vorliegende Schrift enthält als Beitrag zu den Tabellenwerken über durchlaufende Träger Formeln und Zahlentafeln für solche Eisenbetonkonstruktionen einerseits für die größten und kleinsten Momente und Auflagedrücke, anderseits für die Einflußermittlung auf verschiedene Spannweiten und Einspannungsgrade für 2 und 3 Öffnungen.

Gesundheitstechnische Anlagen im Fabrikbetriebe. Von H. Müllenbach. 2. Aufl. von E. Keller. Halle a. d. S. 1926, Carl Marhold. 197 S. m. 64 Abb. Preis 6 *M*.

Das Buch behandelt alle Einrichtungen, die man unter dem Begriff der Fabrikhygiene zusammenfassen kann: Gewerbehygiene, wie Schutzvorrichtungen an Maschinen, Feuerlöscheinrichtungen im kleinen und im großen, Einrichtungen zum Schutz der Gesundheit der Arbeiter und reine gesundheitstechnische Anlagen, namentlich Heizung, Wasserversorgung, Warmwasserbereitung, Trocken- und Entnebelanlagen, Entstaubanlagen, Bade- und Waschanlagen.

Die Auskleidung von Druckstollen und Druckschächten. Von O. Walch. Berlin 1926, Julius Springer. 188 S. m. 93 Abb. u. 5 Taf. Preis 21 *M*.

Die vorliegende Arbeit macht den Versuch, die Abhandlungen, die über diese Frage an verschiedenen Stellen veröffentlicht sind, zusammenzufassen und den Gegenstand allgemeiner zu behandeln, sowie alle Erfahrungen zusammenzutragen, die bisher vorliegen. Es gibt weit mehr Druckstollen und Druckschächte, als man bisher wohl angenommen hat. Das Interesse an der Frage der geeigneten Auskleidung von Druckstollen ist wesentlich durch den Mißerfolg des Ritomstollens der Schweizer Bundesbahnen wachgerufen worden. Diese Stelle hat auch den Ursachen des Mißerfolges zuerst gründlich nachgeforscht und damit eine Grundlage für die vorliegende Arbeit gegeben. Die Arbeit behandelt zunächst die Kräfte, die in einem Druckstollen ohne Druckschutz auftreten unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Gebirges und der Ausführung der Ausbruch- und Auskleidungsarbeiten. Den Hauptteil bilden dann Berichte über ausgeführte Druckstollen und Druckschächte, die getrennt nach der Art ihrer Auskleidung behandelt werden.

Einführung in die Technik des Kraftfahrwesens. Von Erich Stahl. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 101 S. m. 109 Abb. Preis 2,80 *M*.

Flugzeugbau und Luftfahrt, 3 H.: **Der Bau des Flugzeuges.** Von E. Pfister. 3. T.: Rumpf und Fahrwerk. Berlin 1926, Volckmann Nachf. 64 S. m. 133 Abb. Preis 2 *M*.

Das Formen und Gießen von Metallen, Eisen und Stahl. Von Max Escher. Stuttgart 1926, Dieck & Co., Franckh. 400 S. m. 519 Abb. Preis 7,70 *M*.

Taschenbuch für Brennstoffwirtschaft u. Feuerungstechnik 1927. Von Hubert Hermanns. 2. Jg. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 287 S. m. 137 Abb. Preis 6,50 *M*.

Handbuch der Mineralchemie. Herausg. von C. Doelter u. H. Leitmeier. 4. Bd. 7. H.: 160 S. m. zahlr. Abb. Dresden u. Leipzig 1926, Theodor Steinkopff. Preis 8 *M*.

Geologische Untersuchung des kohlenführenden Tertiärs Antioquias im westl. Teil d. Zentralkordillere Kolumbiens. Von Emil Grosse. Berlin 1926, Dietrich Reimer. 360 S. m. 105 Abb. u. 16 Taf. Preis 120 *M*.

Utilizzazione delle Acque per Irrigazione. Von Corrado Ruggiero. Padowa 1926, Casa Editrice Dott. A. Milani. 494 S. m. 332 Abb. Preis 50 L.

Kalender für das Gas- u. Wasserfach. Herausg. vom Deutschen Verein von Gas- u. Wasserfachmännern. 50. Jg. 1927. München u. Berlin 1927, R. Oldenbourg. 1. T. 480 S. 2. T. 622 S. m. 177 Abb. Preis zus. 8,50 *M*.

Probleme der neuen Stadt Berlin. Herausg. Hans Brennert u. Erwin Stein. Berlin-Friedenau 1926, Deutscher Kommunal-Verlag. 664 S. m. zahlr. Abb. Preis 12 *M*.

Kalk-Taschenbuch 1927. 5. Jg. Herausg. v. Verein Deutscher Kalkwerke E. V. Berlin 1927, Kalk-Verlag. 53 S. Preis 1 *M*.

Siemens-Jahrbuch 1927. Herausg. von Siemens & Halske, A.-G., und den Siemens-Schuckertwerken, G. m. b. H. 472 S. m. zahlr. Abb.

Die Forstwirtschaft, Lage und Aufgaben in der deutschen Volkswirtschaft. Bearb. von Robert Ortegel. 2. Aufl. Neudamm 1926, J. Neumann. 95 S.

Staatliche Vereinigte Maschinenbauschule Magdeburg. Ihre Entwicklung und Einrichtung; ihre Aufgaben und Ziele. Magdeburg 1926, Selbstverlag. 34 S. m. 33 Abb.

Mitteleuropäischer Funk-Kalender 1927. Herausg. von Gustav W. Meyer. Bodenbach/E. 1927, Meyers Technischer Verlag. 207 S. m. 67 Abb. Preis 2,50 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 5. MÄRZ 1927 NR. 10

Fließarbeit,

eine neue Form der Betriebstechnik

Von Dr.-Ing. Otto Kienzle, Berlin-Südende

Der Fließbetrieb als neue Betriebsform — Die charakteristischen Mengen, die Fließarbeit gestatten — Elastizität der Fließarbeit — Teilweise durchgeführte Fließarbeit — Die Änderung der konstruktiven Tätigkeit — Einfluß der Fließarbeit auf die Organisation — Fließarbeit und Geldwirtschaft — Die charakteristischen Wertkurven des Fließbetriebes

Unter dem deutschen Fabrikbetrieb — sowohl innerhalb als auch außerhalb des Maschinenbaues — konnte man sich ein ziemlich bestimmtes Gebilde vorstellen, daß sich beispielsweise vom handwerklichen Betrieb nicht nur in der Größe, sondern auch in der Form ganz deutlich abhob. Und nun bildet sich aus dem Fabrikbetrieb allgemeiner Art eine neue Form heraus, die eine weitere Stufe vom Handwerklichen weg bedeutet: der Fließbetrieb[1]).

Macht im Handwerkbetrieb der einzelne im allgemeinen alle Arbeiten an einem Erzeugnis, so findet sich im Fabrikbetrieb eine Arbeitsteilung, verbunden mit stärkerer Mechanisierung. Noch aber wechseln Menge und Art der Erzeugnisse in starker Abhängigkeit von der Nachfrage der Kundschaft, wenn auch nicht so stark wie im Handwerkbetrieb. Arbeitete dieser gar nicht auf Vorrat, so tat dies der Fabrikbetrieb teilweise, zum größeren Teil aber nicht. Der Fließbetrieb steigert die Arbeitsteilung viel weiter, so weit, daß viel mehr ungelernte Arbeitskräfte verwendet werden, er arbeitet mit noch viel stärkerer Mechanisierung, sowohl bei den Arbeitsverrichtungen als auch in den Fördermitteln, und schließlich ist bei ihm das Fertigen auf Vorrat zur reinsten Blüte ausgebildet.

Wir haben dem bisherigen Fabrikbetrieb den Fließbetrieb gegenübergestellt; da dieser aber eben auch Fabrikbetrieb ist, so unterscheiden wir besser den Einzel- und Reihenfertigungsbetrieb einerseits von dem Fließ- oder Massenbetrieb anderseits.

Diese Festlegungen kennzeichnen lediglich die Eigenart der Betriebe. So wenig der Fabrikbetrieb das Handwerk vernichtet hat, sich dessen vielmehr noch häufig bedient, z. B. des Installateurs, des Fußbodenlegers oder Pflasterers, und so wenig die technische Form der Fabrik eine Kritik der Technik des Handwerks ist, ebensowenig wird der Fließbetrieb den Fabrikbetrieb bisheriger Form überflüssig machen; ebensowenig kann aber die Einführung der Fließarbeit im Massenbetrieb der Technik des Einzel- und Reihenbetriebes ein Vorwurf sein, etwa der Art, daß eine Fabrik veraltet sei, weil sie keine Fließarbeit habe. Der Massenbetrieb aber, und das ist der Kernpunkt, kann der Fließarbeit nicht mehr entraten.

Den Begriff Massenbetrieb habe ich nur gebraucht, um das Wesen des Fließbetriebes in die bisherige geschichtliche Entwicklung der Produktionsformen einzureihen. Tatsächlich erweckt aber das Wort „Masse" eine völlig falsche Vorstellung in diesem Zusammenhang. Eine Million Nägel einer Größe bedeutet Reihenfertigung gegenüber der Fließfertigung von 30 Kraftwagen je Tag, und das regelmäßige tägliche Ausbringen einer Lokomotive aus einer Ausbesserwerkstatt zeigt einen Fließbetrieb gegenüber tausend Rundfunkhörern im Monat.

Der Unterschied liegt also nicht in der absoluten Menge, sondern in der relativen.

[1]) Vergl. hierüber auch die einschlägigen Aufsätze im Buch „Fließarbeit", Berlin 1926, VDI-Verlag.

Die charakteristischen Mengen

Wenn die monatliche Erzeugnismenge so ist, daß sich die wesentlichen Arbeiten in die gleichen Zeitabschnitte einteilen lassen, wie die Fertigerzeugnisse herauskommen, dann ist die Voraussetzung für die Fließarbeit gegeben.

Wenn man im Monat mit 200 Arbeitstunden rechnet, die monatliche Erzeugnismenge n ist, so ist Voraussetzung für die Fließarbeit, daß sich die wesentlichen Arbeiten je in der Zeit

$$t = \frac{200 \cdot 60}{n} \text{ min}$$

ausführen lassen. Hier haben wir die kennzeichnende Formel des Fließbetriebes. t gibt das Maß der Arbeitsunterteilung an; weitere oder geringere Unterteilung wäre zwecklos; t ergibt ferner den Arbeitstakt, mit dem am Ende der Arbeitsplätze die Fertigerzeugnisse regelmäßig, sozusagen tropfenförmig, herausfallen.

Kehren wir die Formel um, so finden wir mit

$$n = \frac{200 \cdot 60}{t} \text{ Stück},$$

daß nicht die große Masse als solche, sondern diese Erzeugungsmenge n den Fließbetrieb kennzeichnet. Damit haben wir ein allgemein wirksames Kennzeichen dafür gefunden, welcher Betrieb zur Umwandlung in den Fließbetrieb geeignet ist und welcher nicht.

Haben wir täglich eine Lokomotive auszubessern[2]), so können wir Fließarbeit einführen, wenn die Hauptarbeiten, wie Abnehmen des Führerstandes, Ausbauen des Kessels usw., sich genau in die Spanne eines Tages bringen lassen. Haben wir monatlich 8000 Akkumulatoren, Type A, und 4000, Type B, zu fertigen, so wäre Fließarbeit bei Type B nur möglich mit einem Arbeitstakt von

$$t = \frac{200 \cdot 60}{4000} = 3 \text{ min};$$

das wäre aber keine genügende Arbeitsteilung.

So kommen wir auf die Frage der Mengensteigerung. Entweder wir vergrößern den Absatz durch den infolge der Fließarbeit stark herabgesetzten Preis, oder wir geben die Type B auf und fertigen dafür 12 000 Stück der Type A, oder wir gleichen die Konstruktionen von A und B so ab, daß sie die gleichen Arbeitsgänge durchmachen und daher über die gleiche Fließarbeitsreihe laufen können. Jeder dieser Wege führt dann zum Arbeitstakt

$$t = \frac{200 \cdot 60}{12\,000} = 1 \text{ min},$$

der in diesem Beispiel technisch als günstiges Maß der Arbeitsunterteilung ermittelt sei. Diese Überlegungen können gleichermaßen auf eine Hutfabrik, eine Stuhlfabrik, auf Kleideranfertigung, auf Druckereien, kurz auf jede Art von Erzeugung angewandt werden.

[2]) Das ist die wirkliche Leistung der Eisenbahn-Hauptwerkstätte in Kirchmöser bei Brandenburg.

Ist Fließarbeit starr?

Vielfach besteht die Meinung, daß eine einmal eingerichtete Fließarbeit erbarmungslos ihre Tagesmenge in das Lager wirft und in keiner Weise dem Bedarf angepaßt werden kann. Diese Ansicht hört man häufig als Grund dafür, daß unter den deutschen Absatzverhältnissen die Einführung der Fließarbeit ein zu großes Wagnis bedeute.

Tatsächlich muß man aber bedenken, daß sich Fließarbeit — insbesondere im Zusammenbau — häufig mit so erstaunlich einfachen und billigen Mitteln erzielen läßt, daß sich die Einrichtung selbst dann lohnte, wenn sie nur verhältnismäßig kurze Zeit benutzt würde. Bei kleinen Apparaten bedarf man häufig nur eines langen Tisches, ohne jede mechanische Ausrüstung. Bei Motoren bedient man sich oft fahrbarer Zusammenbaugestelle, die im Notfall auch ohne Fließarbeitstakt mit Vorteil zu verwenden sind. Immerhin stellt das eben angedeutete Außerkurssetzen der Fließarbeit den äußersten Notfall dar; er war jedoch zu erwähnen, weil er zeigt, daß auch er bei einfacher Ausrüstung keine Kapitalverluste bringt.

Tatsächlich kann aber auch das Ausbringen einer mit mechanischen Hilfsmitteln, wie Förderband, Förderkette, Hilfsvorrichtungen aller Art, ausgestatteten Fließarbeitsreihe stark veränderlich gestaltet werden. Bei der Anlage wird naturgemäß ein bestimmtes Tagesausbringen zugrundegelegt. Das normale Ausbringen wird man je nach den Verhältnissen zu 75 bis 90 vH des Höchstausbringens festlegen, das bei stärkstem Betrieb auftritt.

Am wichtigsten für den deutschen Beurteiler ist nun die Frage, wie man das normale Ausbringen bei vermindertem Bedarf heruntersetzt. Zwei Maßnahmen führen dazu: entweder Herabsetzung der Arbeitzeit oder der Arbeiterzahl. Eine Verminderung der Arbeitzeit von 48 auf 40 oder 32 Stunden bedeutet bereits eine Verringerung um ein Sechstel oder ein Drittel. Sie wird zweckmäßigerweise in der Art vorgenommen, daß man den Betrieb fünf oder vier Tage achtstündig voll laufen läßt und die übrigen Tage stillsetzt; nicht etwa dadurch, daß man täglich nur fünf Stunden arbeiten läßt. Dadurch wird die gesamte Dispositions- und Verwaltungsarbeit um das gleiche Maß eingeschränkt, wie das Ausbringen selbst.

Die andre Maßnahme, die Einschränkung der Arbeiterzahl, erfolgt dadurch, daß man zunächst jeden zweiten Platz nicht besetzt und die verbliebenen Arbeiter statt bisherig einen Arbeitsgang deren zwei ausführen läßt, Abb. 1. Man kommt dadurch sofort auf die Hälfte der Leistung; man vermindert sie auf ein Drittel, indem man nur jeden dritten Arbeitsplatz besetzt. Insofern bietet die Fließarbeit kaum mehr Schwierigkeiten als die bisherige Betriebsform, bei der bei einer Absatzstockung auch nichts andres übrig bleibt, als entweder die Arbeitzeit oder die Arbeiterzahl herabzusetzen.

Weniger Sorge macht gewöhnlich die Steigerung der Tagesleistung. Sie ist jedoch für die deutschen Verhältnisse, die noch starken Konjunkturschwankungen ausgesetzt sind, wichtig und wird stets für solche Betriebe wichtig bleiben, die ihren Hauptabsatz in bestimmten Jahreszeiten haben. Steigerungen innerhalb eines Maßes

Abb. 1. Verminderung der Tagesleistung durch Einschränkung der Arbeiterzahl

Bei normaler Tagesleistung arbeiten 12 Arbeiter in der Fließarbeitsreihe. Die Tagesleistung läßt sich durch Nichtbesetzen jedes zweiten oder zweiten und dritten Arbeitsplatzes auf $^1/_2$ oder $^1/_3$ verringern.

von 10 bis 15 vH können für nicht allzu lange Zeit erfahrungsgemäß durch den guten Willen der Arbeiter innerhalb derselben Zeit erzielt werden. Beschleunigte Arbeit wird meistens schon deshalb gern gemacht, weil sie mit erhöhtem Verdienst verbunden ist. Bei amerikanischen Betrieben sind selbst Steigerungen von 20 vH über das normale Maß hinaus nicht selten.

Eine weitere Steigerung findet durch Hinzunahme von Überstunden oder einer zweiten Schicht statt. Bei ganz starken Steigerungen., wie Saisonbetrieb, wird man von vornherein Parallellinien vorsehen, die genau wie die ursprüngliche Linie eingerichtet sind. Sie werden zunächst von jedem zweiten Arbeiter der ursprünglichen Linie besetzt; so weisen beide Linien eine halbe volleingearbeitete Besetzung auf, die je dieselbe Zahl uneingearbeiteter Leute zwischen sich nimmt und von Anfang an mit voller Leistung arbeitet.

Eine andre Form, der Starrheit der Fließarbeit zu entgehen, ist die, daß man eine Fließarbeitsreihe wie eine Maschine ansieht und sie von Anfang an so baut, daß man sie leicht auf ein andres Erzeugnis umstellen kann. Dann geht man genau wie bei der Maschine in der Reihenarbeit vor: Man läßt in der Fließarbeit einige Wochen den einen Gegenstand, dann nach Umstellung einen andern Gegenstand, und zwar je in der Menge fertigen, die dem Bedarf der gesamten Zeit entspricht, d. h. man organisiert die verschiedenen Fließarbeiten wie eine Reihenfertigung. Allerdings muß man dann dabei auf die organisatorischen Vorteile verzichten, die eine ununterbrochene Fließarbeit mit sich bringt.

Wo sich verschiedene Erzeugnisse nur verhältnismäßig wenig unterscheiden, wo es sich eigentlich nur um verschiedene Abarten eines Erzeugnisses handelt, hat man durch die Konstruktion dafür zu sorgen, daß die Grundkonstruktion bis zu einem möglichst späten Zusammenbauzustand einheitlich bleibt. Man kann dann das Stück in diesem Zustand auf Lager nehmen und die Abart je nach eingehender Bestellung in Einzelfertigmontage versandfertig machen, oder aber man schließt an den Zusammenbau der Grundkonstruktion unmittelbar die Fertigstellung der Abarten in Fließarbeit an, indem man jeder Grundkonstruktion von Anfang an schon die Anweisung mitgibt, in welcher Weise sie nachher verwendet werden soll, und indem man dafür sorgt, daß die die Abarten bedingenden Endgruppen ebenso regelmäßig herankommen wie die Grundkonstruktion selbst. So wird beispielsweise das Untergestell des Lincoln-Wagens in Fließarbeit als einmalige Grundkonstruktion zusammengebaut. An der Stelle, wo beim Ford-Wagen die immer gleiche Karosserie erscheint, wird beim Lincoln-Wagen gemäß den vorliegenden Bestellungen bereits die der einzelnen Bestellung entsprechende Karosserie dazu gebracht. So erlebt man, daß trotz reibungslos durchgeführter Fließarbeit die Wagen von einander in ihrem Aufbau verschieden sind. Solche Beherrschung der Abarten bei Fließarbeit ist also daran gebunden, daß Bestellungen bereits vorliegen.

Teilweise durchgeführte Fließarbeit

Wird das verkaufsfertige Erzeugnis in Fließarbeit zusammengebaut oder — mit andern Worten — liegt die Fließarbeit unmittelbar vor dem Fertiglager, dann beherrscht sie rückwärts den ganzen Betrieb, indem sie von jeder Abteilung die Anlieferung der Einzelteile oder -gruppen mit der Regelmäßigkeit einer Uhr verlangt. Diese Übertragung des Rhythmus in die ganze Fabrik berechtigt dazu, einen solchen Betrieb insgesamt als Fließbetrieb zu bezeichnen. Man braucht trotzdem darunter nicht zu verstehen, daß nun auch jeder einzelne Teil in Fließarbeit hergestellt wird, beispielsweise, daß ein Gußteil, der sechs Arbeitsgänge durchmacht, im gleichen Arbeitstakt, wie man im Zusammenbau arbeitet, von Maschine zu Maschine wandert. Wohl wird man danach bei den wichtigsten Teilen streben, man wird aber stets Teile in der Fabrikation haben, deren Herstellung rascher erfolgt. Dort wird man also jeweils gewisse Mengen auf Zwischenlager vorarbeiten, dann die betreffende Maschine stillsetzen oder auf eine andre Arbeit umstellen.

Auch das Umgekehrte ist denkbar, daß nicht das Gesamterzeugnis, sondern der Einzelteil oder einzelne Gruppen, die bei verschiedenen Enderzeugnissen Verwendung finden, in Fließarbeit hergestellt werden. Dann hat man im Betrieb nur Fließinseln, die man entsprechend den obigen Ausführungen je als eine Maschinerie für sich ansehen kann, bei der man dafür zu sorgen hat, daß sie womöglich stets beschäftigt ist. Um ein ganz einfaches Beispiel zu nennen: man kann in einer Lokomotivfabrik oder in einer Lokomotiv-Ausbesserwerkstätte einen Maschinensatz für die Stehbolzenfertigung in Fließarbeit schalten.

Ein weiterer Grund, daß man häufig nicht über die Einführung von Fließarbeit bei nur einem Teile der Fertigung hinauskommt, ist das Vorhandensein eines Chargenbetriebes, beispielsweise wenn es sich darum handelt, eine größere Menge von Gegenständen gleichzeitig in einem Ofen zu glühen oder zu trocknen. Das kennzeichnende Beispiel ist eine Ziegelei, bei der vom Lehm bis zum geformten Ziegel in glatter Fließarbeit gearbeitet wird und wo dann große Mengen im Trockenraum oder in einem nachher zuzumauernden Ofen angesammelt werden. Bis vor kurzem hatte man dieselben Verhältnisse beim Glühen von Metallteilen in einem Härteofen oder beim Trocknen von lackierten Gegenständen in einem Lackierofen. Dabei ist es jedoch bereits gelungen, die Starrheit des Chargenbetriebes zu lösen und Durchgangöfen zu bauen, die im Arbeitstakt der auf beiden Seiten anschließenden Fließarbeit arbeiten. Auch in der Galvanisiererei ist der Chargenbetrieb heute durch den Fließarbeit ermöglichenden Bewegungsbetrieb ersetzt. Man macht dabei sogar noch erhebliche Raumersparnisse.

Die geänderte Konstruktionsaufgabe

Kehren wir zu der eingangs gemachten scharfen Unterscheidung zwischen dem Fließbetrieb und dem Reihenfertigungsbetrieb zurück, so sehen wir eine grundsätzliche Umstellung der Konstruktionsaufgaben, die in dem betreffenden Werke durchzuführen sind. Der Fließbetrieb stellt nur eine oder ganz wenige Typen her und verharrt bei ihnen viel länger als der Einzelfertigungsbetrieb. Daher wird im Sinne der bisherigen Aufgaben des Konstruktionsbureaus im Fließbetrieb bei weitem weniger zu konstruieren sein als im Reihenbetrieb. Da jedoch dem Fließbetrieb Änderungen möglichst fernzuhalten sind, so muß die Konstruktion eine höhere Reife aufweisen als bisher. In bezug auf die Funktion der Einzelteile ist gründlicher vorzuarbeiten. Einwandfreie Probebenutzungen des Erzeugnisses müssen die Sicherheit geben, daß Änderungen nicht erforderlich werden.

Auch in fabrikatorischer Beziehung muß eine für Fließarbeit bestimmte Konstruktion eine wesentlich höhere Reife aufweisen, als man es bisher von einer Konstruktion gefordert hat. Wie kurze Zeit ist es erst her, daß man die Forderung anerkennt, alle auf den Austauschbau bezüglichen Maße zu tolerieren? Bei Fließarbeit ist das Vorbedingung. Die Toleranzen müssen auf gründlichen Erfahrungen oder, wo solche mangeln, auf Versuchen beruhen. Ein vollkommener Austauschbau ist bei Fließarbeit grundsätzliches Erfordernis. Doch soll dies nicht bedeuten, daß da, wo die Grenzen des Austauschbaues technisch überschritten sind, nicht auch in der Fließarbeit planmäßig ein Anpassen eingeschaltet werden kann. Den Forderungen des Austauschbaues ist aber mit den Tolerierungen häufig noch nicht genügt. Die auf unsern Zeichnungen so häufig zu findende Anmerkung „Bei Zusammenbau anpassen" muß — den eben angeführten Fall ausgenommen — aus unsern Zeichnungen verschwinden. Damit ergeben sich häufig völlig neue Aufgaben für den Konstrukteur. Ein Schulbeispiel ist die Keilnut. Die sorgfältig einzupassende Paßfeder ist im Kraftwagenbau weitgehend durch die Keilwelle ersetzt; das Einarbeiten einer Keilnut in einer bestimmten Winkellage bei aufzusetzenden Hebeln wird durch die Vielnutwelle ersetzt, die einen Hebel in jedem praktisch notwendigen Winkel aufzusetzen gestattet. Man braucht also nicht zu befürchten, daß der gute deutsche Konstrukteur durch die Fließarbeit überflüssig wird; im Gegenteil: seine Arbeit muß gründlicher, weiter ausschauend und ernster werden als bisher, dies nicht zuletzt auch deshalb, weil er im Gegensatz zur Reihenfertigung — wo er von Monat zu Monat, der Entwicklung folgend, ändern konnte — jetzt mit weitem Blick die Entwicklungen vorweg nehmen muß.

Ist eine Type in Fließarbeit gegeben, so hört die Arbeit des Konstrukteurs dort noch nicht auf. Es bleibt ihm die Aufgabe, die Vorarbeiten für eine zukünftige Type zu machen, für die er nun wesentlich längere Zeit als im Reihenbetrieb zur Verfügung hat, und die deshalb um so gründlicher vorbereitet und erprobt werden kann. Daneben wird er sich auch täglich zu besinnen haben, ob nicht auch an der vorhandenen Type noch Verbesserungen vorgenommen werden können, die keine eigentliche Konstruktionsänderung sind, sondern die die Fließarbeit immer einfacher und die Herstellung immer wirtschaftlicher gestalten sollen. Auch hierbei müssen seine Gedankengänge sich wandeln. Solche Verbesserungen sollen möglichst die Austauschbarkeit des verbesserten Teiles gegenüber dem alten nicht stören, insbesondere nicht an den Stellen, wo es sich um Ersatzteil-Lieferungen handelt. Ist eine Verbesserung so vorteilhaft, daß man es auf sich nimmt, von einer bestimmten Fabrikationsnummer an selbst andre Ersatzteile zu führen, so muß man doch dafür sorgen, daß die Auswirkung der Verbesserung auf andre Konstruktionsteile möglichst eingeschränkt bleibt. In solchen Gedankengängen sind an dem Ford-Wagen in den letzten zehn Jahren einige hundert Verbesserungen vorgenommen worden, ohne daß eine eigentliche Änderung irgendeines wichtigen Funktionsteiles stattfand.

Ist also für den tüchtigen Konstrukteur Raum genug im Fließbetrieb, so wird doch ein Teil der Konstrukteure ein andres Arbeitsgebiet suchen müssen und dies in starkem Maße bei der Ausbildung von Einrichtungsgegenständen, Werkzeugen und Vorrichtungen, finden. Der Fließbetrieb erfordert eine neue Art von Konstruktion, das ist die Gestaltung der Fabrik selbst. Genau wie in einem Räderkasten ein Rad unmittelbar in einer bestimmten räumlichen Anordnung in das andre einzugreifen hat, genau so ist der Aufbau des Maschinenparkes, der Fördermittel, der Fließarbeitsplätze in gegenseitiger unmittelbarer Berührung zu „konstruieren". Und genau wie auf Grund der Zusammenstellung einer Maschine jeder einzelne Teil herauszuziehen und in Einzelmaßen festzulegen ist, genau so ist auf Grund des Fabrikaufbaues jeder einzelne Platz in allen Einzelheiten zu entwerfen und in seiner besonderen Ausstattung durchzukonstruieren. Hier liegen Arbeiten vor, die mit der einmaligen Einrichtung durchaus nicht erledigt sind, sondern mit dauernder Verbesserung immer weiter gehen. Es besteht also keinerlei Gefahr, daß der Fließbetrieb den Konstruktionsgeist einschlafen läßt; im Gegenteil, der deutsche Ingenieur muß dort wacher als je sein; er findet dankbarere Aufgaben als bisher, wo das Konstruieren so oft nur im Zusammenstöpseln vorhandener Teilkonstruktionen und Gedanken bestand.

Die organisatorische Ausstrahlung der Fließarbeit

Wo man Fließarbeit ganz oder teilweise in einem Betrieb findet, hat man eine Zelle mit regelmäßigem Taktschlag, die regelmäßig ihre Nahrung verlangt und ebenso regelmäßig ihre Erzeugnisse ausstößt. Somit strahlt sie auf alle Arbeiten und alle organisatorischen Maßnahmen aus, die vor ihr liegen, und ebenso die, die hinter ihr liegen. Am stärksten ist dies naturgemäß im eigentlichen Fließbetrieb der Fall. Dort muß bereits der Werkstoff in regelmäßigen Losen und gleichen Zeitabständen eintreffen. Der Fließbetrieb bestellt beim Lieferer also nicht mehr soundsoviel Stück mit einer bestimmten Lieferzeit, sondern soundsoviel Stück je Woche, Abb. 2. Das ist ein grundsätzlicher Unterschied, der andersartige Bindungen zwischen Lieferer und Besteller bedingt. Je nachdem erhält der Lieferer so die Möglichkeit, auch in Fließarbeit zu arbeiten oder wenigstens in regelmäßigen Zeitabständen seine Maschinen mit denselben Vorrichtungen einzurichten und nach denselben Stücklöhnen zu arbeiten.

Abb. 2. Kapital in Werkstoffen

Reihenfertigung:

0 bis *1* Wert eines Werkstoffeinkaufs
1 „ *2* Zeit, wie lange Werkstoff im Lager
2 „ *3* das Los wird angefertigt, die Werkstoffmenge sinkt dadurch wieder auf den eisernen Bestand
3 „ *4* Zeit zwischen Werkstoffentnahme für ein Los und und neuem Werkstoffeingang
0 „ *5* eiserner Bestand an Werkstoff

Fließarbeit:

Der Werkstoff trifft laufend in kleineren Mengen als bei der Reihenfertigung ein, die Entnahme erfolgt laufend.

In gleicher Weise wird der Verkehr zwischen Lieferer und Besteller beeinflußt; ist es die Eisenbahn, so ist mit ihr vertraglich festzulegen, daß beispielsweise alle Woche ein Güterwagen von einem zum andern Bahnhof bereitgestellt wird. Erfolgt die Beförderung im Lastwagenverkehr, so kann auch dieser nunmehr nach einem gewissen Fahrplan ausgebildet werden.

Wie im fremden Betrieb, so gibt der Gleichtakt der Fließarbeit auch in den Abteilungen des eigenen Betriebes, die nicht in Fließarbeit herstellen, von selbst einen Fertigungszeitplan, worin die gleichen Arbeiten in gleichen Zeitabständen und auch so lange in gleichen Losgrößen wiederkehren, als die Mengenleistung unverändert bleibt. Jede neue Überlegung in bezug auf Arbeitsvorbereitung und Kalkulation wird dadurch gespart, und die Organisation im Fließbetrieb kann gegenüber dem Reihenbetrieb geradezu ungeheuer vereinfacht werden. Sie wird in vielen Dingen völlig andre Formen suchen müssen. Es kommt nicht mehr auf das Ausschreiben der einzelnen Aufträge an, sondern auf die Ausführung von Arbeiten, die für lange Zeit regelmäßig festgelegt sind, und bei denen dann nacheinander jeweils dieselben papiernen Unterlagen benutzt werden können.

Ebenso wie nach rückwärts, strahlt die Fließarbeit nach vorwärts aus. Für den Verkauf sind keine Terminrückfragen beim Betrieb mehr notwendig, da genau feststeht, wieviele Erzeugnisse am Tag anfallen; Lieferzeiten sind keine Frage mehr; sie können nicht nur einwandfrei angegeben, sondern auch eingehalten werden. Wohl dem, bei dem Lieferzeiten eine Rolle spielen, d. h. wohl dem Fließbetrieb, bei dem die Bestellungen schon vorliegen, bevor die Erzeugnisse fertig sind. Ein solcher Betrieb arbeitet sozusagen auf „Zug". Die Fließarbeit gibt die Reihe ihrer Erzeugnisse mit bestimmter Geschwindigkeit von sich; wir können sie mit einem Gummiband vergleichen, an dem der Besteller zieht, weil er gern rascher mehr davon haben möchte. Wird dieses Ziehen sehr energisch, d. h. laufen besonders viele Bestellungen ein, so wird dieser Zug sich psychologisch zunächst auf den Betrieb übertragen, indem er rascher arbeitet. Bei noch stärkerem Zug wird man die Leistung gemäß den Ausführungen im dritten Abschnitt verdoppeln müssen, Abb. 3.

Es ist kein Widerspruch zu der eingangs genannten Charakteristik des Fließbetriebes, daß er auf Lager arbeitet; dies bedeutet, daß er in gewissem Sinn unabhängig vom Besteller arbeitet: einmal, indem er nur bestimmte Typen herstellt und zum andern, indem er — meistens innerhalb gewisser Zeiträume — auch die Mengen unabhängig vom Besteller erzeugt. Gehen allmählich weniger Aufträge ein, so sinkt der Auftragbestand und geht — negativ werdend — in einen Lagervorrat über, dann arbeitet der Fließbetrieb sozusagen auf „Druck" (Abb. 3). Die Erzeugungsmenge „staucht sich" zwischen dem Fließzusammenbau und dem Lager. Sie wird „auf Knickung" beansprucht. Die Knickgrenze wird überschritten, wenn das Lager voll ist, die Fließarbeitsreihe aber trotzdem weitergeht; ein Fall, dem ebenso wie in der Festigkeit unbedingt vorzubeugen ist.

Damit kommen wir zum Absatz, dieser organisatorisch wichtigsten aller Fließarbeitsfragen. Es ist sehr billig, zu sagen, daß der Absatz ebenso regelmäßig sein muß wie die Erzeugung. Die Tatsachen sind gewöhnlich ganz anders. Auch die Reihenfertigung erfordert Vorausmaßnahmen. Auch dort muß der Verkauf auf Grund von Statistiken und Konjunkturschwankungen die Vorausentwicklung beurteilen und festlegen, wann eine Reihe in Angriff genommen werden soll, und wie groß sie sein darf. Im Fließbetrieb muß dies gleichfalls, nur mit wesentlich größerer Sorgfalt, geschehen. Daneben ist aber auch der Verkauf zu beeinflussen. Um auch hier das Bild von Druck und Zug wieder anzuführen: die Verkaufsorganisation des Fließbetriebes soll nicht auf Zug arbeiten, indem sie auf die Bestellungen wartet, sondern auf Druck, indem sie auf die Kundschaft so einwirkt, daß sie gerade die Waren kauft, die abgesetzt werden müssen, wenn der Fließbetrieb aufrechterhalten werden soll. Dies ist eine Selbstverständlichkeit, wo man nur ein Erzeugnis macht. Da dies aber in Deutschland selten ist und die deutsche Fließarbeit sehr häufig auf Umstellung von einem auf das andre Erzeugnis arbeitet, so muß in dem genannten Sinne hierbei um so mehr auf die Außenvertreter eingewirkt werden, daß sie auf den Verkauf bei denjenigen Kunden drücken, die Abnehmer für das die Fließarbeit sicherstellende Erzeugnis sind.

Die veränderte Geldwirtschaft

Auf die Geldwirtschaft des Unternehmens hat die Umstellung vom Reihenbetrieb auf den Fließbetrieb den denkbar größten Einfluß. In dem Maße, wie sich an die regelmäßige Fertigung ein mehr oder weniger regelmäßiger Absatz anschließt, wird auch in den Geldumsatz eine Regelmäßigkeit hineingetragen, die eine leichtere und klarere Anordnung gestattet. Der Haupteinfluß liegt aber in der Ersparnis von Kapital, und zwar sowohl von Anlage- als auch Betriebskapital. Maschinen und Fördermittel werden besser ausgenutzt, d. h. dieselbe Menge wird mit weniger Maschinen und Fördermitteln bewältigt. Dadurch wird wiederum Raum gewonnen; außerdem erzielt man eine oft weit über 50 vH hinausgehende Raumersparnis durch den Wegfall der bei der Reihenfertigung zwischen den einzelnen Maschinen und Arbeitsplätzen lagernden Mengen. Wo es sich um gemietete Räume handelt, können diese Vorteile sofort in bare Münze umgesetzt werden; im Eigenbetrieb ergibt sich entweder eine Steigerung des Ausbringens ohne Hinzunahme neuer Räume oder eine schärfere räumliche Zusammenlegung, die meistens hiermit zusammenhängende Kosten, wie Beleuchtung, Heizung, Reinigung spart.

Infolge der Beschleunigung des Materialdurchgangs im Fließbetrieb ergibt sich, daß im Betrieb viel weniger Werkstoff und Lohn in Gestalt von Halbfabrikaten oder

Abb. 3. Darstellung von Fließbetrieben, die auf Zug oder Druck arbeiten

Von *A* bis *B* ist ein Auftragbestand vorhanden, und der Auftrageingang entspricht der Fließleistung *n*. Bei *C* liegt der Auftragbestand so, daß bis *D* eine vorübergehende Erhöhung der Fließleistung auf *s* angebracht ist, alsdann (bei *D*) Rückkehr zur normalen Leistung *n*. Zur Zeit *E* sinkt der Auftrageingang. Der Auftragbestand fällt rasch auf null (*F*), und nun beginnt sich ein Lagervorrat zu bilden, der zur Zeit *G* veranlaßt, auf halbe Fließleistung *h* herabzugehen. Würde der Auftrageingang nach der punktierten Linie weiter sinken, so würde der Betrieb „auf Druck" seine „Knickgrenze" an der Aufnahmefähigkeit des Lagers oder am Erschöpfungspunkt des Geldvorrats finden.

Abb. 4. Kapital in Halbfabrikaten bei Reihenfertigung und bei Fließarbeit

Die schraffierte Fläche stellt die Zinskosten des im Betriebe steckenden Kapitals dar, B_1 bis B_4 bezeichnen die einzelnen Bearbeitungen. Der Kapitalbedarf ist infolge der Beschleunigung des Werkstoffdurchganges bei Fließarbeit bedeutend geringer als bei Reihenfertigung.

Abb. 5. Kapital im Lager fertiger Teile oder Typen. Teile können auch „Waren“ sein!

R e i h e n f e r t i g u n g:
0 bis *1* das Los wird gefertigt
1 „ *2* der Bestand an Fertigerzeugnissen sinkt bis auf den eisernen Bestand
0 „ *5* eiserner Bestand an fertigen Teilen oder Waren

F l i e ß f e r t i g u n g:
Die Fertigerzeugnisse werden im Takt der Fließarbeit entnommen
Die schraffierte Fläche zeigt jeweils die Verzinsung des in der Teilfertigung einschließlich Sicherheitslager steckenden Kapitals.

Einzelteilen stecken als im Reihenbetrieb, Abb. 4 und 5. Das in dieser „ruhenden Ware“ steckende Kapital wird je nach der Vollkommenheit des Fließbetriebes auf einen überraschend geringen Hundertsatz, der bis auf 20 vH heruntergeht, gebracht. Was dies bei der Kapitalknappheit der deutschen Wirtschaft bedeutet, liegt auf der Hand.

Kapitalersparnisse auf dem Rohlager hängen davon ab, wie zuverlässig die Lieferungen von außerhalb eingehen. Erreicht man hierbei die in Amerika übliche Zusammenarbeit und Sicherheit des regelmäßigen Eintreffens, so kann man das Rohlager zu einem im Verhältnis zum Umsatz kleinen Sicherheitslager machen, durch das die eintreffenden Materialien oder Fertigteile gar nicht mehr hindurchzugehen brauchen. Diese können dann jeweils unmittelbar in die Fabrikation gehen. Auch hier wieder ein Punkt, wo neben der Ersparnis an Kapital eine Ersparnis an Raum, an guter Bewegung und an Schreibarbeit erzielt wird (s. a. Abb. 2).

Es gibt viele industrielle Verhältnisse, in denen die rein technischen Vorteile der Fließarbeit gegenüber dieser Ersparnis an Kapital verschwinden, und wo allein die Möglichkeit der Verringerung der Betriebsgeldmittel für die Einführung der Fließarbeit maßgebend ist.

Ein Gesichtspunkt bei der Kapitalfrage ist jeweils die Umstellung, die naturgemäß mit Kosten, also mit neuer Kapitalanstrengung verbunden ist. Es ist zwar der einfachere und raschere Weg, durch Inanspruchnahme vorhandener eigner oder fremder Geldmittel die Umstellung vorzunehmen und das in die Umstellung hineingesteckte Kapital hernach mehrfach im Maß der oben erwähnten Ersparnisse wieder herauszuziehen, jedoch gibt es viele Fälle, in denen die Inanspruchnahme neuer Mittel gar nicht notwendig ist. Man kann häufig durch allmähliche Kopplung von mehr und mehr Arbeitsgängen die bislang dazwischenliegenden Halbfabrikatmengen aufsaugen. Man wird in dieser Zeit viel mehr Waren ins Fertiglager bekommen, als man auf der andern Seite einkaufen muß. Bei der Fertigung wird also trotzdem der Einkauf teilweise abgestoppt, wodurch unmittelbar die Mittel für die Umstellung frei werden.

Schluß

Wie nirgends im Fortschritt der Technik sprunghafte Entwicklungen vorkommen, der Übergang von einer Form in eine andre sich vielmehr stets allmählich vollzieht, so muß man auch bei der Betrachtung der Fließarbeit beachten, daß viele von den Vorteilen, die sie mit sich bringt, bereits auf einer vervollkommneten Stufe der Reihenfertigung sich ergeben, wenn sie aus der Fließarbeit besonders e i n Merkmal stark bei sich einführt, nämlich die Regelmäßigkeit. Das will besagen, daß man auch im Reihenbetrieb „fahrplanmäßig“ arbeiten kann und dadurch bereits in hohem Maße die Vorteile erzielt, die wir von der Fließarbeit gelernt haben, wie beste Maschinenausnutzung, Regelung des Förderwesens, Verbesserung des Einkauf- und Lagerwesens.

Wenn in dieser Betrachtung trotzdem die Fließarbeit eine „neue Form der Betriebstechnik“ genannt wird, so ist damit gemeint, daß sie bestimmte Merkmale in reiner Form aufweist und weiter, daß sie sich nicht nur im eigentlichen Fertigungsbetriebe, sondern in dem gesamten Organisationsbetrieb eines Werks auswirkt. Nicht der Ingenieur allein kann Fließarbeit machen; mit ihm müssen verständnisvoll Verkäufer und Geldgeber Hand in Hand arbeiten. Nur wenn das Ganze im Sinne dieser Ausführungen umgestaltet wird, wird man einen Zustand erreichen, den man mit Recht als Fließbetrieb bezeichnen kann. [B 2746]

Fließarbeit im deutschen Maschinenbau[1])

Im innern Betriebe der deutschen metallverarbeitenden Industrie sind in den letzten anderthalb Jahrzehnten grundlegende Änderungen technischer Art als Auswirkung betriebswissenschaftlicher Erfahrung und Forschung vorgenommen worden, die auf die heute als „Fließarbeit“ bezeichnete Betriebsordnung hinzielen. Bei Durchführung der Fließarbeit im größten Maßstab ist Amerika führend vorangegangen. Wo der Gedanke zuerst aufgetaucht ist, läßt sich schwer sagen; doch hat an den Vorarbeiten zur Entwicklung der Idee zweifellos auch Deutschland einen bedeutenden Anteil. In dem angeführten Aufsatz im Messeheft des „Maschinenbau“ sind u. a. Beispiele aus dem deutschen Maschinenbau aus den Jahren 1896 und 1912 erwähnt, die erkennen lassen, daß Deutschland wahrscheinlich die gleichen Wege gegangen wäre wie Amerika, wenn nicht der gewaltige Rückschlag für unsre Industrie durch die Kriegsfolgen eingetreten wäre. Neuere Beispiele für die Durchführung der Fließarbeit zeigen das Bestreben, einmal mit möglichst einfachen Mitteln das Ziel des straffen Arbeitstaktes und der Verkürzung der Arbeitzeiten zu erreichen, zum andern, der Anlage eine genügende Geschmeidigkeit zur Herstellung verschiedener Typen oder zur Anpassung der Herstellungsmenge an den Bedarf zu sichern[2]).

Durch Anpassung der Arbeitsverfahren an die neuzeitlichen Forderungen der Betriebswissenschaft ist es gelungen, den Ruf der hochwertigen deutschen Arbeit wiederherzustellen. Das ist auch der Leitgedanke, unter den das erwähnte Sonderheft des „Maschinenbau“ zur Leipziger Frühjahrsmesse gestellt wurde. Neben den Arbeitsverfahren, durch das Wort Fließarbeit gekennzeichnet, sind die Werkzeugmaschinen in zwei für die Entwicklung richtunggebenden Aufsätzen behandelt. Die Frage des Werkstoffes, von der wohl in der Zukunft der Hauptfortschritt im Maschinenbau zu erwarten ist, wird durch zwei Arbeiten über Werkstoffprüfung und je eine Arbeit über Gußeisen im Maschinenbau und Aluminium stark betont. Das ganze Heft ist wohl geeignet, dem Leser ein Bild der Arbeitsweise deutscher Maschinenfabriken zur Erzielung hochwertiger Erzeugnisse zu geben. [N 191]

[1]) Vergl. „Maschinenbau“ (Messeheft) Bd. 6 (1927) S. 157.

[2]) Vergl. u. a. H ä n e k e, Fließende Fertigung in der Kraftwagenfabrik, Z. Bd. 70 (1926) S. 1455.

Praktische Lochwerke

Von Ing. Fritz Puppe, Düsseldorf

Lochstanzen für die Bearbeitung von großen und kleinen Platten. Die einfache Maulstanze dient zur Bearbeitung kleiner Blechtafeln und läßt sich für große Tafeln nur noch vorteilhaft verwenden, wenn diese wenig Löcher erhalten. Mittels eines angebauten Stanztisches wird die einfache Maulstanze für die Herstellung vieler Löcher in großen Platten wirtschaftlicher. Bei Neuanschaffung von Lochwerken für die Bearbeitung derart großer Platten ist die Portalstanze mit Rollgang und Lichtpunktanzeigung zu empfehlen.

Einrichtungen zum Lochen von Blechplatten werden in den verschiedensten Werkstätten für Eisenkonstruktionen, im Schiffbau wie auch im Kesselbau gebraucht. Das Lochen solcher Platten kann entweder auf Bohranlagen oder auf Lochstanzen vorgenommen werden. Im Kesselbau, wo es auf besonders dichte Nietung ankommt, wird die Bohrmaschine benutzt, wogegen im Schiffbau und bei Eisenkonstruktionen die Lochstanze zum Stanzen von Nietlöchern Verwendung findet.

Zum Lochen von Profileisen und Knotenblechen läßt sich die allgemein bekannte Ausführung der offenen Maulstanze sehr vorteilhaft verwenden, auch zum Stanzen von nicht allzu großen Blechtafeln ist sie nicht ungeeignet, wenn die Anzahl der Löcher verhältnismäßig gering ist. Eine für die verschiedensten Werkstätten wirtschaftliche Maschinengattung zeigt Abb. 1[1]). Diese vereinigte Lochstanze und Plattenschere mit angebautem Profileisenschneider eignet sich vorzüglich zum Trennen und Streifenschneiden von Blechen, wie auch zum Stanzen von Löchern. Auf der Schere können auch Winkeleisen dicht am Steg geschnitten werden. Die Lochstanze läßt sich nach Auswechseln des Matrizenhalters zum Lochen von Profileisen in Flansch und Steg verwenden. Die angebaute Profileisenschere ist zum Trennen von Formeisen und zur Vornahme von Gehrungschnitten an Stabenden bestimmt. Auf dem Maschinengestell sind zwei Bedienungskrane an gemeinsamer Säule angebracht, die das Schneiden und Lochen großer Blechtafeln wesentlich erleichtern. Alle Werkzeugschlitten dieser Maschine sind mit selbsttätigen Auslösungen versehen, so daß jeder gewünschte Arbeitshub neu eingerückt werden muß, wodurch Fehlschnitte oder Fehllochungen vermieden werden.

Wie schon gesagt, eignet sich die einfache Maulstanze nicht besonders für die Bearbeitung großer Platten, und zwar aus folgenden drei Gründen:

1. Die Bearbeitung dieser großen Blechtafeln von etwa 8000 mm Länge und 2000 mm Breite ist nur unter Benutzung der an der Maschine angeordneten Bedienungs-Schwenkkrane möglich, wozu außer dem Stanzer noch ein bis zwei Mann erforderlich sind.

2. Bei den erwähnten Plattenabmessungen ist es dem Stanzer nicht möglich, das Lochwerkzeug so zu beobachten, daß Fehllochungen ausgeschlossen sind.

3. Die Arbeitstücke liegen auf der Matrize trotz der Bedienungskrane unruhig auf, die Platte hat dauernd das Bestreben, zu schaukeln, was Stempelbrüche zur Folge hat.

[1]) Die in den Abbildungen dargestellten Maschinen werden von der Firma Schieß-Defries A.-G. Düsseldorf, gebaut.

RZ2343Z1

Abb. 1. Hebellochstanze, vereinigt mit Plattenschere und Profileisenschneider

Diese drei nicht zu unterschätzenden Punkte veranlaßten den Konstrukteur, eine geeignete Zusatzeinrichtung zu entwerfen, die nicht nur eine bequemere Bearbeitung der Platten gewährleistete, sondern gleichzeitig die Leistung der Maschine wesentlich erhöhte. Diese Lösung wurde in dem Plattenstanztisch, Abb. 2, gefunden. Er besteht aus dem Rollentisch, dem dazu gehörigen Antrieb und dem Führersitz. Die Eisenkonstruktion des Rollentischgestelles trägt eine Anzahl in Kugeln laufender Rollenachsen, wovon die vier mittleren angetrieben sind und die zu bearbeitende Platte in der Längsrichtung bewegen. Für die Querbewegung wird der Rollentisch auf einem Bett mechanisch verschoben. Der Antrieb erfolgt von einem besonderen, neben der Maschine aufgestellten Antriebkasten durch einen kleinen Senkrechtmotor, sodann über Stirnrädervorgelege auf zwei übereinander angeordnete Kegelräder, wovon das untere für die Querbewegung des Rollentisches und das obere für den Antrieb der Rollen (Blechlängsbewegung) bestimmt ist. Der über dem Plattenstanztisch am Lochmaschinenkopf angebrachte Führersitz ermöglicht eine einfache und bequeme Bedienung dieser Einrichtung. Hier sind alle Einrückhebel handlich angeordnet, so daß der Arbeiter sitzend alle Schaltungen leicht vornehmen kann. Das Auge des Bedienungsmannes ist während des ganzen Stanzvorganges stets gleich weit entfernt vom Lochwerkzeug, so daß er nach kurzem Einarbeiten die Leistung der Maschine ganz bedeutend erhöhen kann.

Die Arbeitsweise ist kurz folgende: Die angezeichnete Platte wird mittels eines Kranes auf den Rollentisch gelegt. Der Stanzer nimmt darauf alle Lochungen vor, die er mit der Gestellausladung erreichen kann. Nachdem nun die der Maschinenseite zugekehrte Hälfte gelocht ist, schwenkt der Kran die Platte auf dem Tisch um, so daß die restlichen Lochungen ausgeführt werden können.

RZ2343Z2

Abb. 2. Plattenstanztisch, an einer einfachen Hebellochstanze angebaut

Abb. 3 und **4.** Lochstanze, neue Ausführung
a Selbsttätige Stempelschmierung
b stahlsparende Stempelbefestigung
c Blechabstreifer mit selbsttätiger Einstellung

Abb. 7 und **8.** Lochstanze, alte Ausführung
a Alte Stempelbefestigung *b* schädlicher Raum
c Abstreifer älterer Konstruktion *d* Schrägstellung des Loches

Abb. 5 und **6.** Lochstanze mit optischer Körnersuchvorrichtung

Selbstverständlich kann man auch schmale Platten, die der Gestellausladung entsprechen, ohne Schwenkung fertig lochen Zur Bearbeitung breiter Platten, die von der Maschinenausladung nur bis zur Hälfte erfaßt werden können, dürfte es sich empfehlen, eine doppelte Lochstanze mit zwei solchen Plattenstanztischen auszustatten, so daß auf der rechten Stanze die linke und auf der linken Stanze die rechte Plattenhälfte gelocht wird. Bei dieser doppelten Einrichtung würde das Schwenken der langen Platte, wozu immer ein großer Werkstattraum nötig ist, gänzlich fortfallen, die Platte wäre lediglich von dem rechten auf den linken Tisch zu legen. Der Antrieb dieses doppelten Plattenstanztisches würde von einem gemeinsamen Räderkasten, wie bei der einfachen Ausführung bereits beschrieben wurde, unter Verdopplung der erwähnten Kegelräder erfolgen.

Die Schaffung dieses Plattenstanztisches ist ein nicht zu unterschätzender Fortschritt. Er leistet namentlich im Schiffbau, wo sehr viel Platten von großen Abmessungen vorkommen, recht gute Dienste. Vor allen Dingen bedingt er keine Neuanschaffung von Stanzen, denn er läßt sich ohne große Mühe an jeder vorhandenen Maschine verwenden.

Im folgenden soll noch auf einige Fortschritte im Bau von Lochstanzen hingewiesen werden, die für Maschinen, an denen der Plattenstanztisch Verwendung findet, große Vorteile bieten. Abb. 3 zeigt eine selbsttätige Stempelschmierung, die bei jedem Arbeitshub ein im Ölbehälter eingebautes Ventil auf eine kurze Zeit öffnet und dadurch eine gewisse Menge Öl durch den hohl gebohrten Stempelhalter fließen läßt. Diese selbsttätige Schmierung sorgt für eine gleichmäßige Ölzufuhr und ist namentlich bei den Maschinen, die mit einem Stanztisch ausgerüstet sind, von größter Wichtigkeit; denn hier kann der Bedienungsmann die bisherige Schmierung mittels eines Pinsels kaum noch ausführen. Auch wurde bei der Schmierung von Hand meist viel Öl vergeudet. Abb. 3 und 4 zeigen ferner eine vorzüglich arbeitende selbsttätige Blechniederhaltung, die sich beim Stößelniedergang auf die zu lochende Platte aufsetzt und das Werkstück so lange festhält, bis der Stempel aus dem gestanzten Loch herausgezogen ist, Abb. 4. Die Schnitte Abb. 7 und 8 zeigen den Niederhalter (Blechabstreifer) alter Bauart, der mit einem gewissen Spiel über der Platte angebracht wurde. Bei dieser Ausführung waren Stempelbrüche unvermeidlich. In Abb. 5 und 6 ist eine neue Körnersuchvorrichtung dargestellt, die das Ausrichten der mit einem Kreuz oder Körnerschlag auf dem Blech angezeichneten Lochmitte unter dem Stempel erleichtert. Zwei rechtwinkelig zueinander stehende, am Gestell befestigte kleine Scheinwerfer, deren Lichtquelle eine etwa 100kerzige Glühlampe ist, werfen durch den Schlitz einer Blende je einen Lichtstrahl derartig auf die Blechplatte unter dem Körner, daß ein helles Lichtkreuz entsteht, dessen Schnittpunkt genau senkrecht unter der Stempelachse liegt. Bei Rollgang-Lochstanzen oder bei Stanzen mit einem Plattenstanztisch, bei denen das Blech mechanisch unter dem Stempel geführt wird, ist diese Einrichtung ein unentbehrliches Hilfsmittel zur genauen Einstellung der Lochmitten, s. a. Abb. 11.

In Betrieben wie zum Beispiel im Schiffbau, wo für die Bearbeitung von Blechplatten in den erwähnten Abmessungen mit vielen Löchern neue Maschinen beschafft werden sollen, kann nur die nachstehend beschriebene Portalstanze in Frage kommen. Abb. 9 zeigt eine solche Portallochstanze, die seit längerer Zeit auf einer hollän-

Abb. 9. Portallochstanze, Rückseite

dischen Werft mit bestem Erfolg in Betrieb ist. Die Maschine besteht aus dem Portal, dem verschiebbaren Werkzeugschlitten, dem Rollgang und dem Antrieb. Auf die Konstruktionseinzelheiten dieser Maschine soll hier nicht weiter eingegangen werden[2]). Der Rollgang, der bei dem Plattenstanztisch für die Querbewegung der zu lochenden Bleche verschoben wird, wurde bei dieser Ausführung ortfest angebracht, wogegen die bei der einfachen Maulstanze am Gestell fest angeordneten Werkzeuge bei der Portalstanze durch einen Bügel quer zum Blech verfahren werden. Lochwerkzeuge und Rollgang werden maschinell durch Sondermotoren bewegt. Der Arbeitersitz ist am Schlitten des Lochwerkzeuges angebaut und verschiebt sich mit diesem. Am Sitz sind rechts und links die Tasten für die Schaltbewegung des Lochwerkzeuges und des Rollgangs angebracht, ebenso der Fußtritt oder der mit dem Fuß zu bedienende Druckknopf für die Betätigung des Stanzwerkzeuges, Abb. 10. Rollgang und Werkzeugschlitten können zum Zwecke der Schnellverstellung durch anhaltendes Drücken der Tasten ohne Unterbrechung bewegt werden. Da sich der Führersitz mit dem Werkzeug verschiebt, so nimmt dieses stets dieselbe Stellung zum Bedienungsmann ein, was ihm das Ausrichten der zu lochenden Platten unter dem Stempel erleichtert.

Abb. 10. Führersitz mit den Bedienungstasten

a Tastenschalter für den elektrischen Antrieb der Querbewegung des Lochwerkzeuges
b „ „ „ „ „ Längsbewegung der zu lochenden Platte, und des Rollganges
c Fußstütze mit versenktem Druckknopf zur Auslösung des Lochstempels

Abb. 11 veranschaulicht die beim Plattenstanztisch bereits beschriebene Lichtpunkt-Anzeigevorrichtung näher, sie wird bei allen Portalstanzen verwendet und hat auch hier die besten Erfolge gezeigt. Geübte Stanzer stanzen mit der Portalstanze im Dauerbetrieb im Mittel 650 bis 800 Löcher stündlich. Diese erhöhte Leistung wurde vor allen Dingen dadurch erreicht, daß die gewählte lichte Weite zwischen den Ständern das lästige Umschwenken der Platten, wie dieses bei der kurz ausladenden Maulstanze erforderlich ist, unnötig machte. Vielmehr können fortlaufend sämtliche Löcher des betreffenden Arbeitstückes gestanzt werden.

Zum Schluß sei noch kurz auf eine neue vereinfachte Konstruktion dieser Maschinengattung hingewiesen, die sich besonders zum Stanzen dünnerer und nicht allzubreiter Platten eignet. Diese Ausführung besteht aus einer auf einem Bett verschiebbar angeordneten, offenen Maulstanze mit einer Ausladung, die der zu lochenden Plattenbreite entspricht. Rechts und links von der Gestellausladung steht ein einfacher auf Betonklötzen fest angeschraubter Rollentisch, dessen Länge zu beiden Seiten der Maschine entsprechend den zu lochenden Platten bemessen ist. Der Führersitz ist wie bei der mit Stanztisch arbeitenden Maulstanze am Maschinenkopf angebracht. Auch die erwähnte Lichtpunkt-Anzeigevorrichtung könnte verwendet werden. Die Arbeitsweise dieser Maschine ist dieselbe, wie bei dem

Abb. 11. Lichtpunkt-Anzeigevorrichtung, Bauart Schieß-Defries, angebaut an die Stößelführung einer Portalstanze

Rekordlochwerk (Portalstanze), jedoch mit dem Unterschied, daß der Stanzdruck nicht von einem Portal, sondern unmittelbar von dem maulförmigen Gestell aufgenommen wird. Der Rolltisch verschiebt das zu lochende Blech mechanisch in der Längsrichtung, während die Stanze quer zum Blech durch einen besonderen Antrieb gesteuert wird.

[M 2343]

[2]) Vergl. „Schieß-Nachrichten" 1921/1922 S. 55.

Über die Gliederung ebener Fachwerke[1])

Damit ein ebenes Fachwerk innerlich statisch bestimmt und starr, d. h. ohne die geringste Bewegungsmöglichkeit der Knotenpunkte zueinander sei, muß bei k Knotenpunkten die Stabzahl $s = 2k - 3$ sein, und die Fachwerkdeterminante einen von null verschiedenen Wert haben.

Bei Erfüllung dieser beiden Bedingungen erhalten die Stabspannkräfte, die durch irgendein System äußerer, im Gleichgewicht stehender Kräfte hervorgerufen werden, bestimmte, endliche Werte. Zugleich mit den äußeren Kräften verschwinden auch die inneren Stabkräfte. Hat jedoch bei einem ebenen Fachwerk mit k Knoten und $2k - 3$ Stäben die Fachwerkdeterminante D den Wert null, so ist es nicht starr und weist im unbelasteten Zustand Eigenspannungen auf.

Ausnahmefachwerk: Hier sind zwei Fälle zu unterscheiden:

a) D verschwindet nur wegen der besonderen Lage der Knotenpunkte auf einem geometrischen Ort, z. B. Sechseck mit drei Diagonalen, dessen Punkte auf demselben Kegelschnitt liegen, dann ist die Gliederung des Fachwerkes an und für sich brauchbar, und es wird nur durch Aenderung einer oder mehrerer Stablängen sofort innerlich statisch bestimmt und starr.

b) D wird unabhängig von der Lage der Knotenpunkte zu einander lediglich durch die Art der Gliederung des Fachwerkes gleich null. In diesem Fall ist die Gliederung unbrauchbar. Dieses Mißergebnis wird in schwierigen Fällen erst nach der zeitraubenden Auswertung der Determinante erkannt.

Pollaczek gibt ein einfaches und deutliches Merkmal der Brauchbarkeit eines ebenen Fachwerks durch den Beweis des Satzes: „Die Gliederung eines ebenen Fachwerks mit k Knoten und $2k - 3$ Stäben ist nur dann brauchbar, wenn es kein Teilystem von l Punkten $(4 \leq l < k)$ enthält, die durch mehr als $2l - 3$ Stäbe miteinander verbunden sind." Als Bildungsgesetze leitet Pollaczek daraus die folgenden ab: Aus einem brauchbaren ebenen Fachwerk von $k - l$ Punkten stellt man ein brauchbares Fachwerk mit k Knotenpunkten her 1. durch Anhängen eines zweistäbigen Knotens, 2. durch Herausnahme eines Stabes und Anhängen eines dreistäbigen Knotens an drei Punkte, die durch die Herausnahme des Stabes eine gegenseitige Beweglichkeit erlangt haben.

[N 2660]

Breslau A. Artzt

[1]) Auszug aus dem Aufsatz von H. Pollaczek-Geiringer in Zeitschr. für angew. Math. und Mechanik Bd. 7 (1927) Heft 1.

Die Vorgänge nach der Überschreitung der Fließgrenze in verdrehten Eisenstäben

Von W. Bader und A. Nádai, Göttingen

Regeln für die Ausbildung der Fließschichten in verdrehten Eisenstäben. Die Lage der dünnen Fließstreifen in den geätzten Querschnitten von verdrehten Eisenstäben, die Verteilung der Schubspannungen im Stabquerschnitt und das Drehmoment stehen in einer einfachen Beziehung zu einer Böschungsfläche, die man über dem Querschnittsrand zu errichten hat. Die Ausbreitung der Fließschichten wird für Stäbe mit verschiedenem Profil durch Versuche festgestellt.

Unter den durch eine mechanische Behandlung hervorgerufenen Änderungen im Gefüge eines Werkstoffes bildet das schichtenweise Fließen im Eisen eine eigentümliche Begleiterscheinung des Überganges von einem Spannungszustand mit elastischen Formänderungen zu einem solchen mit bildsamen Formänderungen.

Wir haben uns die Aufgabe gestellt, den Übergang zu den bildsamen Formänderungen unter der Verdrehungsbeanspruchung prismatischer Stäbe mit verschiedenen Querschnitten genauer zu verfolgen[1]). Obwohl der Verdrehungsversuch zu den öfters angewendeten Verfahren der Werkstoffprüfung gehört, scheinen die außerordentlich gesetzmäßig verlaufenden Vorgänge der Aufmerksamkeit der Forscher, die ähnliche Versuche ausgeführt haben, entgangen zu sein.

Wir haben die Änderungen, die man im Gefüge des über die Fließgrenze beanspruchten weichen Eisens beobachten kann, aus verschiedenen Gründen verfolgt. Einmal erscheinen sie uns als ein wertvolles Hilfsmittel zum Studium des Überganges eines durch Kräfte beanspruchten Eisenkörpers aus einem Spannungszustand mit rein elastischen Formänderungen in seinen bildsamen Zustand. Sie bilden ein Mittel, um die Höhe der Spannungen in solchen Fällen elastisch beanspruchter Körper nachzuprüfen, die der Rechnung schwer zugänglich sind[2]) und in denen eine Konzentration der Spannungen in einzelnen Stellen im Körper erwartet wird. Aus der Lage der Fließschichten kann ferner auf die Lage der Hauptspannungsrichtungen in verwickelteren Fällen der Beanspruchung von Körpern in ihren bildsamen Zuständen geschlossen werden. Aus einigen neueren Beobachtungen[3]) scheint des ferneren hervorzugehen, daß der Bruchvorgang in gewissen Fällen mit der Entstehung der dünnen Schichten in Beziehung steht, in denen das Eisen anscheinend stärker als in den andern, bildsam verformten Teilen des beanspruchten Körpers zerstört wird. Auch bilden die Fließschichten ein willkommenes Hilfsmittel zum Verständnis der bildsamen Formänderungen der Metalle.

Unter den örtlich veränderlichen Spannungszuständen eines prismatischen Stabes, der über die Fließgrenze beansprucht worden ist, lassen die Spannungszustände der reinen Biegung und der reinen Verdrehung durch Kräftepaare eine mechanische Behandlung zu.

Mit der Aufgabe eines in einer Ebene verbogenen Stabes hat sich Eugen Meyer[4]) eingehend beschäftigt. Sein Verdienst ist, erstmals gezeigt zu haben, wie man, ausgehend von gewissen Betrachtungen, die C. v. Bach[5]) für die Biegung von Stäben aus unelastischen (dem Hookeschen Gesetze nicht gehorchenden) Stoffen angestellt hatte, den Verlauf der Kraft in Funktion der Durchbiegung bestimmen kann, wenn das Formänderungsgesetz (die Spannungs-Dehnungs-Kurve) für den betreffenden Stoff aus einem Zug- und aus einem Druckversuch bekannt ist.

Unter der Annahme, daß in den bildsam verformten Teilen eines Stabes die größte Schubspannung einen unveränderlichen Wert habe, bestimmte de St. Venant 1871 zuerst den Spannungszustand in einem um seine Längsachse durch zwei gleiche und entgegengesetzte Kräftepaare verdrehten Rundstabe.

Auf Grund seiner bemerkenswerten Versuche über die Fließgesetze hat P. Ludwik die Spannungsverteilung in einem verdrehten Rundstabe für ein beliebiges Formänderungsgesetz angegeben[6]).

Eisenstab mit rundem Querschnitt

Die Spannungsverteilung in einem verdrehten Rundstab nach Überschreitung der Fließgrenze möge hier im Anschluß an eine Ableitung wiedergegeben werden, die L. Prandtl in seinen Vorlesungen schon vor längerer Zeit gebracht hat[7]). Es sei τ die Schubspannung in der Entfernung r vom Kreismittelpunkt, γ die zugehörige Schiebung an dieser Stelle und $2a$ der Durchmesser des Stabes, Abb 1.

a) Ist das Formänderungsgesetz $\tau = \varphi(\gamma)$ bekannt oder gegeben, so läßt sich der (in einem Verdrehungsversuche tatsächlich feststellbare) Verlauf des Drehmomentes M in Funktion des spezifischen Verdrehungswinkels $M = f(\vartheta)$ angegeben. Das Drehmoment ist

$$M = 2\pi \int_0^a \tau r^2 \, dr .$$

Da nun die spezifische Schiebung γ an der Stelle r gleich $\gamma = r\vartheta$ ist, kann in dem Integral statt r auch γ eingeführt werden:

$$M = \frac{2\pi}{\vartheta^3} \int_0^{\gamma_a} \varphi(\gamma)\, \gamma^2 \, d\gamma .$$

Die obere Grenze des Integrals ist $\gamma_a = a\vartheta$, d. h. das zu einem gegebenen Verdrehungswinkel ϑ gehörige Drehmoment M des Stabes ist dem auf die τ-Achse bezogenen Flächenträgheitsmoment des Abschnittes der Formände-

[1]) Über denselben Gegenstand ist auszugsweise berichtet worden in: Berichte der Fachausschüsse des Vereines deutscher Eisenhüttenleute, Werkstoffausschuß, Bericht 56, 1925, und in einem Vortrag auf dem 2. internationalen Mechanikkongreß am 16. Sept. 1926 in Zürich.

[2]) In einem Bericht in dem Züricher Mechanikkongreß 1926 hat Timoshenko besonders auf diese Anwendung der Fließschichtenbeobachtungen hingewiesen.

[3]) Vergl. Fry, Kruppsche Monatshefte Bd. 2 (1921) S. 117. — Strauß und Fry a. a. O. 1921. — Watzau, Z. Bd. 68 (1924) S. 1185.

[4]) Vergl. Z. Bd. 52 (1908) S. 167.

[5]) Vergl. C. Bach und R. Baumann, Elastizität und Festigkeit, 9. Aufl. S. 271, Berlin 1924, Julius Springer.

[6]) Elemente der technologischen Mechanik. Berlin 1909. Julius Springer S. 31. — Ferner Ludwik und Scheu, Vergleichende Zug-, Druck-, Dreh- und Walzversuche, „Stahl und Eisen", Bd. 45 (1926) S. 373.

[7]) Sie wird bereits in einer Arbeit von Herbert (Mitt. über Forschungsarb. Heft 89, 1910) erwähnt.

Abb. 1
Rechnungsgrößen

Abb. 2
Formänderungskurve

Abb. 3
Momentenkurve

Abb. 4
Formänderungskurve beim Erreichen der Fließgrenze

rungskurve $\tau = \varphi(\gamma)$, Abb. 2, gleich, der bis zur spezifischen Schiebung $\gamma_a = a\,\vartheta$ reicht, multipliziert mit $\frac{2\pi}{\vartheta^3}$.

b. Ist hingegen die aus einem Versuch ermittelte Kurve $M = f(\vartheta)$, Abb. 3, gegeben, so folgt die Formänderungskurve $\tau = \varphi(\gamma)$, Abb. 2, des Stoffes für reine Schubbeanspruchung aus der Gleichung:

$$M\,\vartheta^3 = 2\pi \int_0^{\gamma_a} \varphi(\gamma)\,\gamma^2\,d\gamma$$

durch Differentiation nach ϑ. Die rechte Seite der Gleichung ist eine Funktion der oberen Grenze γ_a oder wegen $\gamma_a = a\,\vartheta$ auch von ϑ, somit ist

$$\frac{d}{d\,\vartheta}(M\,\vartheta^3) = 2\pi\,\varphi(a\,\vartheta)\,a^3\,\vartheta^2 = 2\pi\,a^3\,\vartheta^2\,\tau_a,$$

woraus die Schubspannung

$$\tau_a = \frac{1}{2\pi\,a^3\,\vartheta^2}\,\frac{d}{d\,\vartheta}(M\,\vartheta^3) = \frac{1}{2\pi\,a^3}\left(\vartheta\frac{d\,M}{d\,\vartheta} + 3\,M\right),$$

d. h. die zu einer spezifischen Schiebung $\gamma_a = a\,\vartheta$ gehörige Schubspannung τ_a ist gleich der Projektion des Tangentenabschnittes auf die Ordinate der Momentenkurve CP, Abb. 3, vermehrt um den dreifachen Wert des Momentes und dividiert durch $2\pi\,a^3$.

Die hier erwähnten Regeln gelten ähnlich für den Fall der reinen Biegung eines prismatischen Stabes bei nicht zu großen Durchbiegungen nach Überschreitung der Fließgrenze. Nur sind τ und γ durch die Biegungsspannung σ und die spezifische Dehnung ε zu ersetzen und die Proportionalitätsfaktoren entsprechend abzuändern.

Eisenstäbe mit beliebigen Querschnitten

Die Verteilung der inneren Spannungen in einem elastisch verdrehten Stabe läßt sich am anschaulichsten nach dem Prandtlschen Membrangleichnis angeben. Man denkt sich, befestigt entlang der Randkurve des Querschnittes des verdrehten Stabes, eine dünne Haut und durch einen Überdruck belastet. Die krumme Fläche, nach der sich die Haut wölbt, bildet den Spannungshügel des Querschnittes. Die Schichtenlinien des Spannungshügels sind die Spannungslinien des Querschnittes. Die resultierende Schubspannung in einem beliebigen Querschnittspunkt hat die Richtung der Spannungslinie, die durch den betreffenden Punkt hindurchgeht. Sie ist dem Gefäll des Spannungshügels verhältnisgleich. Das Drehmoment des Stabes ist bis auf einen Maßstabfaktor dem doppelten Rauminhalt des vom Spannungshügel eingeschlossenen Raumes gleich.

Wenn der Stab stärker verdreht wird, erreichen die Spannungen in einzelnen Teilen des Stabes die Fließgrenze. Ihre Verteilung läßt sich innerhalb des verdrehten Stabes ebenfalls genauer angeben, wenn man eine einfache Annahme über die Gestalt der Formänderungskurve $\tau = \varphi(\gamma)$ macht. Als eine solche bietet sich beim weichen Eisen zwanglos ein aus zwei Geraden zusammengesetzter Linienzug, Abb. 4, sofern man die Betrachtung vorerst auf kleine bildsame Formänderungen beschränkt[7]. Überall wo im Querschnitt die Fließgrenze erreicht wurde, wird ein unveränderlicher Wert der Schubspannung $\tau = k$ im Querschnitt angenommen. (Diese Annahme läßt noch die genauere Plastizitätsbedingung offen; mit ihr wird nur vorausgesetzt, daß die Spannungen von den Schiebungen nicht abhängen, was für die hier zu betrachtenden Verformungsgrade als zulässig angesehen werden darf.)

Die resultierende Schubspannung in einem Querschnittspunkt x, y ist gegeben durch $\tau^2 = \tau_x^2 + \tau_y^2$, wo τ_x, τ_y die Schubspannungskomponenten in Richtung der Achsen x und y sind. Da die Gleichgewichtsbedingung der Schubspannungskomponenten

$$\frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_y}{\partial y} = 0$$

immer erfüllt ist, wenn man

$$\tau_x = \frac{\partial F}{\partial y}, \quad \tau_y = -\frac{\partial F}{\partial x}$$

setzt, muß die durch diese Ansätze eingeführte Spannungsfunktion F in den Teilen des Querschnittes, in denen die Spannungen an der Fließgrenze liegen (d. h. wo $\tau = k =$ konst. ist), wegen der Gleichung

$$\tau^2 = \tau_x^2 + \tau_y^2$$

offenbar der Gleichung

$$\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 = k^2$$

genügen. Sie sagt nichts andres aus, als daß das stärkste Gefälle der Spannungsfläche F überall, wo die Spannungen an der Fließgrenze liegen, einen unveränderlichen Wert haben muß. Die plastische Spannungsfläche, die wir durch die letzte Gleichung erklären, ist eine Böschungsfläche, die man sich über dem Querschnittsrand errichtet zu denken hat. Eine solche Fläche wird durch die natürlichen Böschungen eines Sandhügels erhalten. Denkt man sich die Querschnittsfigur aus einem Stück steifer Pappe herausgeschnitten und in wagerechter Lage mit Sand bestreut, so bilden die Böschungen des so erhaltenen Hügels eine mit der Fläche F verwandte Fläche.

Wir wollen den Zustand des Stabes, bei dem alle Teile in seinem Inneren fließen, als den voll ausgebildeten bildsamen Zustand bezeichnen. Für ihn fällt der Spannungshügel mit der Böschungsfläche zusammen, die wir über dem Querschnittsrand errichtet haben. Im voll ausgebildeten bildsamen Zustand eines verdrehten Eisenstabes bilden deshalb die Spannungslinien ein System von Kurven gleichen Abstandes zur Randbegrenzung des Querschnittes.

Um nun auch den Übergang aus der elastischen Verdrehung nach einer teilweisen Überschreitung der Fließgrenze angeben zu können, hat man sich nur vorzustellen[8]), daß die dünne Haut, die zur Veranschaulichung des Spannungshügels bei der elastischen Verdrehung gedient hat, bei der allmählichen Steigerung des Überdruckes an ein flaches Dach herangedrückt wird, das man sich genau nach der Gestalt der Böschungsfläche mit verkleinerten Ordinaten über dem Querschnittsrand errichtet hat. Unter den freien Teilen der Haut bleibt der Stab elastisch angespannt, unter den von der Haut bedeckten Teilen der Böschungsfläche fließt das Eisen im Stab, Abb. 5 und 6. Die Prandtlschen Sätze über die Größe und die Richtung der Schubspannungen und über das Drehmoment bleiben erhalten.

Schichtenweises Fließen des weichen Eisens

Nach der Überschreitung der Fließgrenze lassen sich im Innern eines verdrehten Eisenstabes sehr regelmäßig verlaufende Schichten unter geeigneten Versuchsbedingungen nachweisen. In ihnen ist das Eisen anscheinend stärker verformt als in ihrer Umgebung; diese Schichten können durch geeignete Ätzverfahren in den Stabquerschnitten nachträglich sichtbar gemacht werden. Wir bedienten uns zu ihrem Nachweise des von A. Fry[9]) angegebenen Ätzverfahrens. Die Fließschichten erscheinen

[7]) Bezüglich der zur Zeit in der Mechanik des bildsamen Zustandes angewendeten Ansätze und Hilfsmittel zur Darstellung von Spannungsverteilungen verweisen wir auf den Bericht von L. Prandtl, Spannungsverteilung in plastischen Körpern, Berichte des 1. intern. Kongresses der angewandten Mechanik, Delft 1924 S. 43, und auf die Arbeiten von H. Hencky, insbesondere Z. Bd. 69 (1925) S. 695.

[8]) Vergl. Der Beginn des Fließvorganges in einem tordierten Stab, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 3 (1923) S. 442. — E. Trefftz, Ueber die Spannungsverteilung in tordierten Stäben bei teilweiser Ueberschreitung der Fließgrenze, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 5 (1925) S. 64.

[9]) Vergl. a. a. O. — H. Meyer und W. Eichholz, Werkstoffausschußbericht 20, 1922; Nehl, Diss. Aachen, 1925.

RZ 2237 Z5

Abb. 5 Membran und plastische Spannungsfläche

Abb. 6 Lage der Fließschichten im Querschnitt

RZ 2237 Z6

Abb. 7
Drehmoment in Abhängigkeit vom spezifischen Drehwinkel für verdrehte Eisenstäbe

n den geätzten Querschnitten als dunkle Streifen und Linien[10]).

Das Entstehen dieser Schichten, die auch mit den ogenannten Fließfiguren übereinstimmen, die man aus ndern Festigkeitsversuchen mit weichem Eisen kennt, st noch nicht hinreichend klargestellt. Damit sie aufreten, ist wohl im Eisen ein nicht zu geringer und in nicht zu hoher Kohlenstoffgehalt notwendig. Allein unsre Versuche sprechen dafür, daß ihre Entstehung an keine bestimmte chemische Zusammensetzung des Eisens geknüpft ist, sondern es kommt anscheinend mehr auf die mechanischen Bedingungen an, unter denen der Versuchskörper gezwungen wird, zu fließen.

In den verdrehten Eisenstäben entstehen die Fließschichten, wenn keine äußerlich nachweisbare Kerbwirkung vorliegt, regelmäßig, während das den Stab anspannende Moment sich mit dem zunehmenden Verdrehungswinkel ϑ nur wenig ändert, d. h. während das Drehmoment die Werte im wagerechten Stück AB der Momentenkurve $M = f(\vartheta)$, Abb. 7, durchläuft. Die ersten Fließschichten treten dabei unter Belastungen des Stabes auf, unter denen die äußeren Teile seiner Querschnitte sich gleichmäßig bereits plastisch verformt haben müssen und die Momentenkurve eben in ihren wagerechten Ast umbiegt. Mit der weiterschreitenden Verdrehung bilden sich neue Schichten neben den alten, während gleichzeitig diese letzteren sich verlängern und dicker werden. Die Fließschichten erscheinen in den geätzten Querschnitten in den Lichtbildern keilförmig zugespitzt, die Spitze weist gegen die weniger gespannten Teile des Querschnittes.

Als Regel konnten wir feststellen, daß die schwarzen Fließstreifen in den Querschnitten im wesentlichen zu den Spannungslinien der plastischen Spannungsfläche (den Schichtenlinien der Böschungsfläche) senkrecht verlaufen. Sie stehen auch immer senkrecht zu der Randkurve des Querschnittes. Sie verlaufen so wie die Projektionen der Linien, längs denen das Wasser auf dem Dach abläuft, Abb. 6, das wir uns zur Veranschaulichung der Spannungsverteilung konstruiert haben. Bei den

[10]) Für die Ermöglichung der im folgenden beschriebenen Versuche haben wir der Helmholtz-Gesellschaft zur Förderung der phys.-techn. Forschung in Düsseldorf und dem Verein deutscher Ingenieure in Berlin herzlichst zu danken.

Abb. 8 bis 12
Fließschichtausbildung bei zunehmenden Verdrehungswinkeln in Rundeisen — Stabdurchmesser 17 mm — Verdrehungswinkel ϑ in °/cm

ϑ = 0,7 °/cm ϑ = 1,17 °/cm ϑ = 2,54 °/cm
Abb. 13 bis 15
Fließstruktur in verdrehten Dreikantstäben

ϑ = 0,38 °/cm ϑ = 0,68 °/cm ϑ – 0,90 °/cm
b = 2 cm
Abb. 16 bis 18

Abb. 16 bis 23. Fließstruktur von verdrehten Eisenstäben mit quadratischem und rechteckigem Querschnitt (Seitenverhältnisse: 1 : 1, 2 : 3, 1 : 2, 1 : 4) — Spezifischer Verdrehungswinkel ϑ in °/cm — Querschnittsmaße b und h in cm

b 1,00 h = 3,83 ϑ – 1,40 °/cm   = 0,97 h = 3,75 ϑ – 1,43 °/cm
Abb. 22 und 23

b – 1,29 h – 1,97 ϑ – 1,07 °/cm b – 1,31 h – 1,98 ϑ – 1,76 °/cm b 0,99 h – 2,00 ϑ – 2,90 °/cm
Abb. 19 bis 21

Abb. 24 und 25. Block- und Fließstruktur; linke Querschnitthälfte: Erkaltungsstruktur, rechte Querschnitthälfte: Fließstruktur

stärkeren Verformungsgraden bedecken schließlich die schwarzen Streifen die ganze Querschnittfläche. Man erkennt in den Ätzungen der Querschnitte von verdrehten Eisenstäben, Abb. 8 bis 23, deutlich in den helleren Teilen die noch elastisch angespannten Querschnittsgebiete. In der Ätzung des Quadrates, Abb. 18, das dem am stärksten verdrehten Stab (mit quadratischem Querschnitt) entstammt, sind die elastischen Gebiete nur noch in dem hellen Diagonalkreuz des Quadrates zu erkennen. In ihm projizieren sich sozusagen die vier Dachkanten der Spannungsfläche F, die hier eine vierseitige Pyramide ist.

Für den voll ausgebildeten bildsamen Zustand läßt sich z. B. das Drehmoment der Stäbe leicht berechnen. So ist für einen Rundstab mit dem Durchmesser $2a$ der plastische Spannungshügel ein Kreiskegel mit der Gleichung:

$$F = k(r - a),$$

wo mit k die Fließgrenze für die reine Schubbeanspruchung bezeichnet ist. Für $r = 0$ ist $F = -ka$, der Kegel hat die Höhe $h = ka$ und den Inhalt $V = \frac{\pi a^2 h}{3}$. Nach unserm Gleichnis ist das Drehmoment des Stabes gleich dem doppelten Inhalt des Kegels, somit gleich

$$M = 2V = \frac{2\pi k a^3}{3}.$$

Für einen Stab mit einem gleichseitigen Dreieck als Querschnitt ist die plastische Spannungsfläche eine dreiseitige Pyramide. Jede Seite hat die größte Neigung $\frac{\partial F}{\partial n} = k$, weil die Schubspannung gleich dem Gefälle der Spannungsfläche ist. Somit hat die Pyramide die Höhe $h = \frac{ka}{\sqrt{3}}$. Ihre Grundfläche ist $= \frac{a^2}{2}$, ihr Inhalt $V = \frac{a^2 h}{6}$ und das Drehmoment ist gleich dem doppelten Inhalt oder gleich

$$M = 2V = \frac{a^2 h}{3} = \frac{k a^3}{3\sqrt{3}}.$$

Für einen Stab von rechteckigem Querschnitt mit den Seiten a und b $(a < b)$ ist das Moment

$$M = \frac{k a^3}{6} + \frac{k a^2 (b - a)}{4}.$$

Erkaltungs- und Fließstruktur

Die Ähnlichkeit der Erkaltungsstrukturen im kristallinischen Gefüge von gegossenen Metallblöcken (Kokillenguß[10]) mit den hier erhaltenen Bildern der Fließstruktur verdrehter Eisenstäbe, besonders beim kreisförmigen und quadratischen Querschnitt, legte es nahe, die Frage zu prüfen, ob ein Zusammenhang der Ausbildung der Fließstruktur im Innern von verdrehten Walzeisenstäben mit den Spuren besteht, die man bekanntlich[11]) in ihrem Gefüge als Folgen jener Blockstruktur im ausgewalzten Zustande feststellen kann.

Wir ließen uns zu diesem Zweck aus einem Walzstab aus Eisen mit einem quadratischen Querschnitt $ABCD$, Abb. 24, einen Vierkantstab über Eck mit dem quadratischen Querschnitt $EFGH$ und ferner einen Stab mit einem Kreisbogenviereck als Querschnitt, Abb. 25, herausarbeiten und verglichen die Fließstruktur der verdrehten Stäbe mit den früher erhaltenen Ätzungen. In Abb. 24 und 25 ist die Block- oder Walzstruktur (oder genauer ihre ausgewalzte Spur, die auch als „Zeilenstruktur" in den zur Walzrichtung parallelen Längsschnitten bekannt ist) links durch dünne Linien angedeutet, während in der rechten Hälfte der beiden Abbildungen die normale Lage der zu erwartenden Fließschichten angegeben wurde. Die Fließschichten verlaufen in den geätzten Querschnitten der verdrehten Stäbe, Abb. 26 bis 29, entsprechend der Lage des Spannungsfeldes. Ein nennenswerter Einfluß der Walzstruktur auf die beobachtete Gestalt der Fließschichten scheint also nicht vorhanden zu sein.

Zum Vergleich sei das Verhalten eines spröden, gegossenen Metalles, z. B. einer gegossenen Zinkstange, Abb. 30, in dem eine ausgesprochene Erkaltungsstruktur

[10]) Schöne Beispiele enthalten die Bücher von J. Czochralski, Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis, Berlin 1924, S. 98, 103, 139, und von P. Oberhoffer, Das technische Eisen, Berlin 1925, 2. Aufl., S. 291. Ferner die Arbeit von E. Seidl und E. Schiebold, Das Verhalten inhomogener Aluminium-Querblöckchen beim Kaltwalzen, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 225 u. f.

[11]) Vergl. P. Oberhoffer, a. a. O. S. 415 u. 416.

Abb. 26 und 27. Fließschichtenlage in Quadratstäben, die nach Abb. 24 aus einem Walzstab herausgeschnitten wurden

Abb. 28 und 29. Querschnitt: Kreisbogenviereck. Die Fließschichten stehen senkrecht zu den Begrenzungslinien des Querschnittes

Abb. 30. Zinkstab, in rasch erkaltender Eisenform gegossen. Primäre Transkristallisation Ätzung: alkoholische Salzsäure 10:1

Abb. 31

Abb. 32 und 33. Verdrehter Stab mit Längsnut. Spannungsfläche bei rein elastischer (Abb. 32) und bei elastisch-plastischer Beanspruchung (Abb. 33)

erwartet werden mußte, herangezogen. Wir ließen uns in einer eisernen Form eine Vierkantstange aus Zink gießen und beanspruchten sie auf Verdrehen in der Torsionsmaschine. Die Stange brach in der für Verdrehungsversuche mit spröden Stoffen eigentümlichen Weise und unter verhältnismäßig geringen Spannungen durch Überwindung der Zerreißfestigkeit längs einer zur Stabachse annähernd unter 45° geneigten Bruchfläche. In der Bruchfläche und in zwei Querschnittsätzungen trat das strahlige Gefüge der Blockstruktur zutage.

Daß die Walzstruktur keinen merklichen Einfluß auf die Zeichnung der Fließschichten haben kann, geht ferner aus den verschiedenen Lichtbildern klar hervor, die sich auf Verdrehungsversuche mit Stäben mit dreieckigen und unregelmäßigen Querschnitten beziehen. Alle diese Stäbe wurden aus Vierkantstäben herausgearbeitet; in ihren Querschnitten ist die dunkle, viereckige Seigerungszone oft deutlich zu erkennen, während die Fließlinien stets dem aufgeprägten Spannungsfeld und unseren oben auseinandergesetzten Regeln entsprechend verlaufen.

Auf eine systematische Abweichung im Verlauf der dunklen Linien in den geätzten Querschnitten von den Linien stärksten Gefälles muß jedoch hingewiesen werden. Die Fließstreifen scheinen, wenn sich ihre spitzen Enden den elastischen Grenzstreifen zu nähern beginnen, umzubiegen und diesen zu folgen. Es scheint, als ob die Linien des stärksten Gefälles der plastischen Spannungsfläche nach einer stärkeren Verdrehung des Versuchsstabes sich in ihren spitz zulaufenden Enden wieder mehr den Kurven stärksten Gefälles einer elastischen Spannungsfläche nähern würden. Vermutlich hängt diese Erscheinung mit der beginnenden Verfestigung des Eisens durch die vorangegangenen bildsamen Formänderungen zusammen, die durch unsere einfachen Ansätze nicht berücksichtigt werden konnte.

Rundstäbe mit Längsnuten

Für einen Rundstab, der mit einer Längsnut mit einem halbkreisförmigen Querschnitt versehen ist, lassen sich qualitative Angaben über den zu erwartenden Verlauf der Fließerscheinung leicht machen. Wir wollen zunächst annehmen, daß der Halbmesser r der Nut klein im Vergleich mit dem Stabdurchmesser d sei. Dann ist es zulässig, den Randkreis durch seine Tangente zu ersetzen. Man kann die Störung im Verlauf der Spannungslinien unter der Annahme ermitteln, daß in größerer Entfernung von der Nut eine unveränderliche Schubspannung im Stab wirkt.

Abb. 34. Fließgebiet im Querschnitt eines verdrehten Stabes mit Längsnut

Für die elastische Verdrehung läßt sich der Verlauf der Spannungslinien in der Umgebung der Nut mit Hilfe des Prandtlschen Membrangleichnisses angeben. Man hat sich nur längs des Querschnittsrandes $ABCDE$, Abb. 31, eine dünne Haut befestigt zu denken, die man in einer zur Grundfläche geneigten Ebene anspannt, Abb. 32. Die Schichtenlinien dieser Fläche sind die Spannungslinien im Querschnitt des auf reinen Schub beanspruchten Stabes. Diese Linien drängen sich in der Nähe des Punktes C am dichtesten zusammen. Da die Schubspannung gleich dem Gefälle der Spannungsfläche ist, wird die größte Schubspannung im Punkte C auftreten. Mit den Mitteln der Potentialtheorie läßt sich die genaue Gestalt der Spannungsfläche in Polarkoordinaten r und α

$$F = c \cos \alpha \left(\frac{a^2}{r} - r\right)$$

angeben. Wie man durch Bildung der Ableitungen dieser Fläche findet, ergibt sich die größte Schubspannung im Punkte C doppelt so groß wie in größerer Entfernung von der Nut.

Wenn mit stärker werdender Neigung der Ebene der dünnen Haut alle Schubspannungen vergrößert werden, wird schließlich im Punkte C die Fließgrenze k erreicht. Dazu muß die Haut gemäß der Ebene $F = \frac{k}{2} x$ gegen die Querschnittsebene geneigt werden. Um nun bei noch stärkerer Neigung der Ebene der dünnen Haut die Grenze des plastischen Gebietes zu erhalten, müssen wir uns die Böschungsfläche, d. h. einen Kegel über dem Halbkreis $r = a$ errichtet denken, Abb. 33, der sich nach außen hin erweitert. Wenn die Neigung der Haut größer als $k/2$ ist, wird sich das innerste Stück der Haut an den Kegel anlegen. Die am Kegel anliegenden Teile der Haut bilden das plastische Gebiet im Querschnitt. Für diese schwierige Randwertaufgabe hat Trefftz[12]) auf Anregung des einen von uns kürzlich die strenge Lösung aufgefunden.

Besonders bemerkenswert ist die Gestalt des plastischen Gebietes für den Fall, daß die Schubspannung in den ungestörten Teilen des Querschnittes sich der Fließgrenze nähert. Die dünne Haut hat jetzt auch in größerer Entfernung von der halbkreisförmigen Einbuchtung die gleiche Neigung wie der Kegelmantel, an den sie gezwungen wird, sich anzulegen. Man wird aus der Anschauung erwarten, daß sie den Kegel nur in einem schmalen Streifen berühren wird. Mit andern Worten: durch eine kleine Rille oder Längsnut (mit einem halbkreisförmigen Querschnitt), die sich auf der Oberfläche eines auf Verdre-

Abb. 35
Fließstreifen auf einem gedrückten angebohrten Kupferprisma

[12]) Über die Spannungsverteilung in tordierten Stäben bei teilweiser Ueberschreitung der Fließgrenze, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 5 (1925) S. 69.

hen beanspruchten Stabes befindet, wird, selbst wenn die Schubspannungen in größerer Entfernung von der Nut die Fließgrenze erreichen, nur ein verhältnismäßig schmales Fließgebiet erzeugt, Abb. 34. Wenn der Halbmesser der Nut verkleinert wird, nimmt die Breite des Fließstreifens im gleichen Verhältnis ab; im Fall eines winzigen Kratzers zieht sich das Fließgebiet auf eine zur Randkurve senkrechte Linie zusammen. (Der Kegel und die Haut berühren sich dann nur mehr längs einer Kegelerzeugenden.)

Diese Betrachtung führt zu einer etwas paradoxen Folgerung; denn nach ihr ergibt sich, daß das Vorhandensein einer winzig kleinen Längsnut auf der freien Oberfläche eines auf Schub beanspruchten Werkstoffes genügt, damit ein plastisches Gebiet von der Nut weg sich tief in das Innere des Stabes ausbilde, wenn die Schubspannung bis zur Fließgrenze erhöht wird. Es folgt ferner aus ihr, daß es durch eine Steigerung der Schubspannungen (im „Unendlichen") nicht möglich ist, außerhalb des schmalen Fließgebietes eine plastische Verformung zu erzeugen. Der Widerspruch mit den Beobachtungen erklärt sich durch unsre Annahme einer von den Formänderungen unabhängigen Fließgrenze. Anderseits werden unsre Folgerungen durch zahlreiche Beobachtungen über die Entstehungsweise der Fließstreifen und Fließfiguren in bildsamen Stoffen bestätigt, die vorübergehend unter unveränderlicher oder abfallender Spannung fließen. Kleine Löcher, Kerben und Nuten sind in solchen bildsamen Stoffen die Ursache für die Entstehung von schmalen Fließgebieten[13]).

Abb. 36
$d = 15$ $r = 0,5$ $M = 1120$
$\vartheta = 0,93$

Abb. 37
$d - 14,8$ $r = 0,5$ $M = 1210$
$\vartheta - 1,16$

Abb. 38

Abb. 39
$d = 15$ $r = 2,5$ $M = 970$
$\vartheta = 1,04$

Abb. 40
$d = 15$ $r = 2,5$ $M = 1000$
$\vartheta = 2,27$

Abb. 41

Abb. 42
$d = 15$ $r = 4,5$ $M = 850$
$\vartheta = 0,66$

Abb. 43
$d = 1$ $r = 4,5$ $M = 860$
$\vartheta - 2,0$

Abb. 44

Abb. 45
$d = 14,4$ $r = 2,5$ $M = 800$
$\vartheta = 0,80$

Abb. 46
$d = 14,4$ $r = 2,5$ $M = 810$
$\vartheta = 1,92$

Abb. 47

Fließschichtenbildung und Verschiebungsbruch

Wie grundverschieden die Wirkung einer kleinen zylindrischen Bohrung ist, je nachdem sie sich in einem elastischen oder in einem bildsamen Stoffe mit wenig veränderlicher Fließgrenze befindet, zeigt ein Druckversuch, den wir kürzlich mit einem durchbohrten Kupferkörper machten. Wenn in der Umgebung der Bohrung die Formänderungen nur elastischer Art sind, klingt die durch die Anwesenheit der Bohrung hervorgerufene Störung in den Formänderungen rasch mit der Entfernung von der Bohrung ab. In einem bildsamen Stoffe, der annähernd unter einem unveränderlichen Werte der Spannungen zu fließen beginnt, entstehen hingegen längs zweier Ebenen starke bildsame Formänderungen, die noch in großer Entfernung von der Störungsstelle sich bemerkbar machen müssen.

In einem weichen (ausgeglühten) Kupfer pflegt man gewöhnlich nach einer bildsamen Formänderung keine Fließschichten zu beobachten. Wird jedoch das Kupfer vor dem Versuch erst einer starken Kaltverformung unterworfen, so lassen sich in ihm Fließfiguren erzeugen. Wir stauchten zuerst ein Stück Kupfer (um etwa 36 vH der ursprünglichen Höhe des Stückes) und ließen uns aus dem gestauchten Stück einen prismatischen Körper herstellen, der mit einer kleinen Anbohrung versehen wurde. Nach einer neuerlichen Druckbelastung ergaben sich mit diesem Versuchskörper kräftige Fließstreifen, Abb. 35.

Eine wesentliche Ursache für die Entstehung von schmalen Fließstreifen in den bildsam verformten Stoffen ist eine vorübergehend mit den Formänderungen nur wenig veränderliche Fließspannung (z. B. ein plötzlicher Knick

[13]) Die Spannungsverteilung in der Umgebung einer zylindrischen Bohrung kann man in derselben Weise finden, wie im Falle der axialen Längsnut mit halbkreisförmigem Querschnitt. Beide Aufgaben stimmen mathematisch überein.

Abb. 48
$d = 14{,}9$ $a = 1{,}1$ $h = 2$
$M = 980$ $\vartheta = 0{,}75$

Abb. 49
$= 15$ $a = 1{,}1$ $h = 2$
$M = 1130$ $\vartheta = 1{,}87$

Abb. 50

Abb. 51
$d = 14{,}8$ $a = 1{,}2$ $h = 4$
$M = 860$ $\vartheta = 0{,}72$

Abb. 52
$d = 14{,}9$ $a = 1{,}2$ $h = 4$
$M = 950$ $\vartheta = 2{,}14$

Abb. 53

Abb. 36 bis 53

Fließstruktur in den Querschnitten von verdrehten Rundstäben mit Längsnut

In Abb. 36, 39, 42, 45, 48, 51 sind Ätzungen schwächerer, in Abb. 40, 43, 46, 49, 52 stärkerer Verformungsgrade wiedergegeben. Die stärkeren Verformungsgrade entsprechen etwa dem voll ausgebildeten plastischen Zustand. Abb. 38, 41, 44, 47, 50, 53 sind die Grundrisse des plastischen Spannungshügels der entsprechenden Querschnitte.

d Stabdurchmesser *r* Halbmesser der Nut *a* und *h* Nutabmessungen, alle Längen in mm *M* Drehmoment in cmkg ϑ spezifischer Verdrehungswinkel in °/cm

..n der Formänderungskurve im Augenblick der beginnenden bildsamen Formänderungen) oder ein Knick mit darauffolgendem Abfall der Fließspannung („obere", „untere" Fließgrenze) und eine örtliche Beschränkung der plastischen Formänderungen durch eine zusätzliche Spannungsverschärfung, z. B. durch eine, wenn auch nur unbedeutende, Kerbwirkung. Als auslösende Ursache genügt z. B. eine winzige Fehlstelle oder ein ungleichartiger Einschluß mit einer etwas geringeren Fließgrenze, wie sie in der Umgebung der Störungsstelle herrscht.

Wie bereits A. Fry bemerkt hat, ätzen sich die Korngrenzen der Eisenkristallite in den Fließschichten wesentlich stärker, als außerhalb von ihnen. Man muß aus dieser Beobachtung schließen, daß das Gefüge des vielkristallinen Eisens in den Fließschichten aufgelockert worden ist. Man kann übrigens ohne jede Ätzung innerhalb der Kristallite, die in den Fließschichten liegen, unter dem Mikroskop die feinen welligen Linien erkennen, die ein Zeichen ihrer plastischen Formänderung sind und mit denen sich neuerdings G. J. Taylor und C. F. Elam[14]) so eingehend beschäftigt haben.

Wenn die von uns für kleine Verformungsgrade eingeführte Annahme einer unveränderlichen Fließspannung auch für beliebig große Formänderungen zuträfe, müßte jedes dehnbare Metall, in dem sich eine Fließschicht gebildet hat, entlang dieser schließlich brechen; denn man kann wohl annehmen, daß, wenn die Formänderungen nur unter hinreichend niedrigen Temperaturen erfolgen, die Kristallitentrümmer in einem feinkörnigen Metall durch den Rekristallisationsvorgang nicht in dem Maße wieder zusammengeschweißt werden, als sie sich in ihrem Zusammenhange bei großen Formänderungen auflockern müssen. Daß dem unter den geringeren Beanspruchungsgraden gewöhnlich nicht so ist, rührt von der Zunahme der Fließspannungen mit den Formänderungen her. Die Verformung bleibt nicht örtlich begrenzt, sondern greift auf die benachbarten Stoffteilchen über. — An sehr weichen plastischen Massen beobachtet man hingegen in der Tat, z. B. in einem Druckversuche, wenn ein Krafthöchstwert erreicht worden ist, den Beginn sehr regelmäßiger Zeichnungen auf der Oberfläche der Körper, längs deren Linien sich sehr bald Verschiebungsbrüche ausbilden. Wenngleich ein wichtiger Umstand in unsern Betrachtungen ganz außer acht bleiben mußte — nämlich der Einfluß der Fließgeschwindigkeiten auf die Fließspannungen —, so dürften diese auf die Gleichgewichtzustände beschränkten Betrachtungen vielleicht zur Erklärung manchen Bruchvorganges beitragen können.

Abb. 36 bis 53 zeigen Ätzungen von verdrehten Rundstäben mit Längsnuten von verschiedenen Profilen und verschiedenen Abmessungen. In der Fließlinienzeichnung im Querschnitt eines Rundstabes mit einer kleinen halbkreisförmigen Rille, Abb. 36, strahlen von der Rille drei kräftige Fließstreifen aus. Abb. 37 erhielten wir mit einem ähnlichen Rundstab, dessen Oberfläche jedoch vor dem Versuch gut spiegelnd poliert wurde. Obwohl das den Stab beanspruchende Drehmoment für diesen Stab um rd. 10 vH größer war, ergab sich nur eine Fließfigur an der Nut. Einige weitere Versuche, die wir zum Nachweise der von uns vermuteten Verzögerung der Ausbildung der Fließstreifen durch eine gut polierte Oberfläche anstellten, ergaben uns jedoch keine widerspruchsfreien Ergebnisse, weshalb wir die Frage eines möglichen Einflusses der Oberflächenbehandlung auf die Fließstreifenbildung noch nicht beantworten möchten.

Abb. 36, 39, 42, 45, 48 und 51 zeigen schwächer, Abb. 40, 43, 46, 49 und 52 stärker verdrehte Stäbe. Die unter den Bildern angegebenen Zahlen klären über den Verformungsgrad auf. Für jede Stabform ist die Gestalt der plastischen Spannungsfläche für den voll ausgebildeten Zustand in einer Nebenfigur, Abb. 38, 41, 44, 47, 50 und 53 durch ihre Schichtenlinien dargestellt. Die Konstruktion dieser Schichtenbilder wird sehr erleichtert durch den Umstand, daß alle Teile der in Frage kommenden Flächenstücke entweder Ebenen oder Stücke aus graden Kreiskegeln sind. Die Schichtenlinien setzen sich nur aus Kreisbogen und Geraden zusammen. In Abb. 44, 47, 50 und 53 sind die Durchdringungskurven dieser Flächen angegeben. Nach unsern Annahmen müssen sich im voll ausgebildeten Zustand die „elastischen" Gebiete im Querschnitt auf diese Schnittkurven (das sind die Projektionen der Dachkanten) der einander durchdringenden Teile der über dem Querschnitt errichteten Böschungsfläche zurückziehen. Man erkennt beim Vergleich der Ätzzeichnungen mit den Schichtenbildern, daß sich in den Lichtbildern weiße, zackig begrenzte Gratformen ergeben haben, deren Mittellinien sehr gut den Kurven der Grate der plastischen Spannungsfläche folgen. [B 2237]

[14]) Proc. of the Royal Soc., London A., Bd. 112 (1926) S. 337.

Fortschritte der Webereimaschinentechnik

Von *Johannes Walther, Lehrer an der Sächs. Höheren Fachschule für Textilindustrie, Chemnitz*

Erhöhung der Arbeitsleistung in der Weberei durch besonders gebaute Webmaschinen und Hilfsapparate — Steigerung der Warenlieferung durch Nicolet-Webmaschinen — Selbsttätige Ausschaltung des Webstuhles bei Kettenfadenbruch durch eine Wächtereinrichtung — Musterungsmöglichkeit bei Webwaren in Schußrichtung durch den Ottoschen Schützenwechsel — Eine neuartige Schußeintragung durch Greifer auf dem Gabler-Webstuhl

Einige Neuerungen, die die Arbeitsleistung und Arbeitsmöglichkeit der Webereibetriebe wesentlich erhöhen, sollen nachstehend näher besprochen werden:

Mit einem neuartigen Webstuhl ist es dem Leipziger Fabrikanten Walter Nicolet gelungen, eine zwei- bis vierfache Leistung zu erreichen. Um die Leistung zu erhöhen, hatte man schon früher verschiedene Wege beschritten. Es besteht zunächst die Möglichkeit, dem Webstuhl eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit zu erteilen. Dabei hat sich aber immer herausgestellt, daß wohl augenscheinlich eine größere Leistung eintrat, aber ein um so größerer Verschleiß an Schußfäden, Zubehörteilen usw. zu verzeichnen ist. Dieser Umstand macht die Änderung hinfällig, und man sah sich gezwungen, die Lösung anders zu erreichen. Ein andres Verfahren, die Leistung zu erhöhen, war die Anwendung von Webstühlen, bei denen die Schußspulen selbsttätig ausgewechselt werden (Automatenwebstühle). Die sonst zu dieser Arbeit erforderlichen Stillstände fallen weg. Dadurch hat sich aber praktisch die Leistungsfähigkeit noch nicht erhöht, sondern nur der Wirkungsgrad der Maschine ist besser geworden. Die sichere Wirkungsweise der selbsttätigen Spulenauswechslung macht es möglich, daß ein Arbeiter rd. zehn Stühle im Betrieb erhalten kann.

Auf der Webmaschine von Nicolet kann man Mullbinden, Gazestoffe und ähnliche Gewebe mit nicht allzu enger Ketteneinstellung, und bei denen es nicht darauf ankommt, daß Streifen in der Kettenrichtung vorhanden sind, herstellen. Die Wirkungsweise der Maschine ist die folgende:

Anstatt eines Faches von Kettenfäden, durch das der Webschützen mit dem Schußfaden geführt wird, bildet man ein Vorder- und ein Hinterfach, Abb. 1. In diesen beiden Fächern wird durch Eintragnadeln je ein Schuß *a* und *b* eingetragen. Die beiden Webfächer werden durch lamellenartige Fadenführer *c* und *d*, durch die die einzelnen Kettenfäden von zwei Kettenbäumen aus gezogen sind, gebildet. Der Hebel *e*, ein offener Anschlagkamm, wird nach vorn bewegt und somit der Schuß *a* im ersten Webfach an die Ware angeschlagen. Die Fadenführer *c* und *d*, von denen so viel nebeneinander angeordnet sind, wie gerade von der Kettenfaden-Gesamtzahl gefordert werden, bringen jetzt die sich im Unterfach befindenden Kettenfäden nach oben und umgekehrt die sich im Oberfach befindenden Fäden nach unten, Abb. 2. Der Anschlaghebel *e* schlägt zurück, und die seitlich angeordneten leichten Hebel *f* bringen den Schuß *b* in den Bereich des Hebels *e*. Hebel *f* eilt zurück und Schußfaden *b* wird genau wie *a* vom Hebel *e* angeschlagen. Der Hebel *e* wird durch eine Zugstange *q*, die mit einem Exzenter in Verbindung steht, bewegt. Nunmehr bilden die Fadenführer *c* und *d* wieder das Doppelfach nach Abb. 1.

Abb. 1 Erster Schußanschlag beim Nicolet-Webstuhl

Abb. 2 Zweiter Schußanschlag beim Nicolet-Webstuhl

a, *b* Webschüsse, *c*, *d* lamellenartige Fadenführer, *e* Anschlaghebel, *f* Zuführhebel, *q* Zugstange

Abb. 3 bis 7 Kettenfadenwächter, Bauart Auerbach

a Kreisexzenter, *b* Zugstange, *c* Winkelhebel, *d* gabelförmige Kulisse, *e* Stift, *f* Zugfeder, *g* Hebel, *h* Stift, *i*, *k* gezahnte Schienen, *l*, *m* Hebel, *n*, *o* Lamellen

Wenn man in das Vorderfach gleichzeitig zwei Schüsse und in das Hinterfach einen Schuß einträgt, so erzielt man eine dreifache Leistung. Wenn in beide Fächer gleichzeitig zwei Schuß eingetragen werden, wie es z. B. die Panamabindung erfordert, so erhält man vierfache Leistung.

Die Schüsse *a* und *b* werden in beide Fächer gleichzeitig eingetragen. Die Schußfäden werden von zwei bis vier Spulen, die seitlich am Webstuhl angeordnet sind, von den Eintragnadeln abgezogen.

Die Sicherheit der Fachbildung und die genaue Vorlage des Schusses *b* aus dem Hinterfache geben der Erfindung den praktischen Wert.

Eine andre Einrichtung, die dazu beiträgt, die Güte der Webwaren und den Wirkungsgrad des Webstuhles zu heben, ist der Kettenfadenwächter. Der hier besprochene Wächter hat andern Arten gegenüber vieles voraus. Die bei den elektrischen Kettenfadenwächtern bestehende Feuergefahr ist bei dem von den Franke-Werken, A.-G., Bremen, herausgebrachten Wächter, Bauart Auerbach, gänzlich ausgeschlossen. Fernerhin zeichnet sich der Wächter durch sofortiges Stillsetzen des Webstuhles bei Kettenfadenbruch, durch sicheres Arbeiten auch bei sehr dichten Ketten und durch rasches Auffinden des gerissenen Fadens aus.

Die Arbeitsweise des Kettenfadenwächters geht aus Abb. 3 und 4 hervor. Das auf der Schlagexzenterwelle sitzende Kreisexzenter *a* steht mit der Zugstange *b* in Verbindung. Die Bewegung des Exzenters *a* wird dadurch dem Winkelhebel *c* mitgeteilt und somit die gabelförmige Kulisse *d* in schwingende Bewegung versetzt. In der Kulisse lagert ein Stift *e*, der durch eine Zugfeder *f* immer im tiefsten Punkt, sofern sich kein Widerstand bemerkbar macht, gehalten wird. Die Schwingungen, die die Kulisse ausführt, übertragen sich durch den Stift *e*

ıch auf den Hebel g. In dem oberen Schlitze des ebels g wird ein weiterer Stift h gelenkt, der durch seine ıch links und rechts stattfindende Bewegung eine geıhnte Schiene i in derselben Weise bewegt. Schiene i ird in einer weiteren, ebenfalls gezahnten, jedoch stillehenden Schiene k geführt. Über den genannten Schienen hweben die Lamellen n, o usw.; durch jede einzelne amelle ist ein Kettenfaden gezogen, und durch die vorandene Kettenspannung wird sie in der Schwebe gehalten. obald ein Kettenfaden reißt, fällt die betreffende Platine, urch die der gerissene Faden gezogen war, auf die geıhnte Schiene nieder, Abb. 5 und 6. Die Lamelle klemmt ch in die Aussparungen der feststehenden und der sich ewegenden Schiene ein. Die Schiene i ist also an ihren ewegungen gehindert und bringt somit auch den Hebel g um Stillstand. Die Kulisse aber, die vom Exzenter a aus wangläufig bewegt wird, führt die Schwingungen immer och aus. Der Hebel g steht fest, demzufolge auch der tift e, der im unteren Schlitz des Hebels geführt wird. ie sich weiter bewegende Kulisse d drückt den Stift in die Iöhe, Abb. 7. Der Stift wirkt auch auf den Hebel m in und stellt den Hebelarm l in die gestrichelt gezeichete Lage, Abb. 3, ein. Der Hebel ist mit dem Ausücker des Webstuhles durch weitere Hebel verbunden und ringt den Stuhl durch seinen Ausschlag zum Stillstand.

Die betreffende Stelle, wo der Kettenfaden gerissen st, findet man leicht, indem der Hebel g mit der Hand twas seitlich verschoben wird. Dort, wo die Lamelle in en Einkerbungen der Schienen i und k liegt, entsteht ann eine Lücke. Anzahl und Anordnung der gezahnten amellenschienen richtet sich nach der Dichte der Kette m Webstuhl.

Ist die Kette flüchtig eingestellt, so genügt ein Schieıenpaar. Bei dichterer Einstellung können zwei, drei oder ıoch mehr Schienenpaare, wie in Abb. 6, verwendet werden.

Abb. 8 zeigt den Fadenwächter im Betrieb. Die Schieıen mit den Lamellen können herausgehoben und zwecks Andrehens der neuen Kette auf die Andrehmaschine geracht werden.

Damit die Möglichkeit besteht, glatte Webstühle auf lem schnellsten Weg in Wechselstühle zu verwandeln, hat lie Firma Fritz Otto & Co., Reichenbach i. Vogtl., einen Wechselmechanismus geschaffen, der an jedem einfachen Hodgson-Webstuhl angebracht werden kann. Bisher hat man nur den Steigkastenwechsel (senkrecht zur Ladenbahn) und den Revolverwechsel an Webstühlen vorgefunden.

Abb. 8
Kettenfadenwächter, Bauart Auerbach, im Betrieb

Das Gerät kann mittels eines entsprechend ausgebildeten Stelleisens leicht an der Stuhlwand angebracht werden. Abb. 9 zeigt die Arbeitsweise des Wechsels, bei dem die Schützenkasten a und b auf dem Ladenklotz verschoben werden können. Der die Verschiebung der Kasten bewirkende Winkelhebel ist an der Lade drehbar befestigt und wird durch die Hebel q, s und h, wie folgt, bewegt:

Das Zahnrad auf der Kurbelwelle t, Abb. 10, überträgt mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 2 seine Bewegung auf die Welle i. Das Kreisringexzenter d, das die Aufgabe hat, das Prisma f auf und nieder zu bewegen und gleichzeitig das Weiterschalten vorzunehmen, damit immer ein neues Kartenblatt dem Stift g zur Vorlage gebracht werden kann, wird von der Welle i aus betrieben. Ist im Kartenblatt ein Loch vorhanden, so wird der Stift beim Senken des Prismas in das vorhandene Loch eindringen und keine Schaltung vornehmen. Wenn aber, der Musterung entsprechend, der Stift g kein Loch im Kartenblatt trifft, so wird er bei der nächsten Senkung in die Schraubennut n eingedrückt. Dadurch wird die Büchse m mit der Nut verschoben und sicher mit dem Zahnrade o verkuppelt. Bei der Verschiebung der Büchse wird auch die Scheibe k, die mit fünf Zahnbolzen c versehen ist, verschoben. Die Bolzen c greifen in das Zahnrad l ein, und dadurch wird die Welle p, auf der das Exzenter e und die Verrieglungsscheibe r sitzen, in Umdrehung versetzt. Die Welle p kann sich aber erst dann drehen, wenn die Scheibe k mit ihrer Aussparung v so weit auf der Welle i nach innen verschoben worden ist, daß die Verrieglung r ihre Drehung durch die Aussparung v ausführen kann. Die Welle p und somit das Exzenter e führen eine Drehung um 180° aus, Abb. 11. Durch h wird die Bewegung nach den Schützenkasten weitergegeben. Um irgendwelchen Hemmungen zu begegnen, ist der Hebel s, Abb. 9, nachgiebig gelagert.

Der Ottosche Schützenwechsel wird dort vorteilhaft anzuwenden sein, wo abwechselnd Schußfäden mit Links- und mit Rechtsdraht eingetragen werden sollen. Auch in bezug auf Farbe lassen sich einfache Schußmusterungen durchführen.

Die leicht mögliche Anbringung und die Übersichtlichkeit in der Arbeitsweise des Wechsels wird es mit sich bringen, daß man sich dort, wo es sich um ähnliche Fälle, wie angeführt, handelt, des Ottoschen Schützenwechsels bedient.

Eine weitere Neuerung, die den Wirkungsgrad des Webstuhles wesentlich erhöht und die Schußeintragung in ganz andre Bahnen gelenkt hat, stammt von Gabler, Ettlin-

Abb. 9 Abb. 10 Abb. 11 Schaltstellung der Verrieglung

Abb. 9 bis 11
Schiebeschützenkasten-Wechsel von Otto

a, b Schützenkasten
c Zahnbolzen
d Kreisringexzenter
e Exzenter
f Prisma
g Stift
h Hebel
i Welle zum Antrieb von d
k Scheibe
l Zahnrad
m Büchse
n Schraubennut
o Zahnrad
p Welle
q Hebel
r Verriegelung
s Hebel
t Kurbelwelle
v Aussparung der Scheibe k

Abb. 11
Bewegungseinrichtung für die Greifer beim Gabler-Webstuhl

Abb. 12
Greiferende beim Gabler-Webstuhl

a Zubringernase *b*, *c* klemmenartige Vorsprünge zur Aufnahme des dargebrachten Fadens

Abb. 13
Bindungsbild der Leiste beim Gabler-Webstuhl

gen. Das Einschießen des Schußfadens bewirkt er nicht mehr durch Schützen, sondern durch zwei Greifer, die von außen nach der Mitte zu arbeiten. Die Greifer werden durch Hebel, die am andern Ende von einer Führungsscheibe gesteuert werden, bewegt, Abb. 11; die Greifer durchlaufen gemeinsam jedesmal dasselbe Webfach. Von großen Flaschenspulen, auf denen das Schußgarn aufgespult ist, werden die Schußfäden abgezogen. Von diesen Spulen ist auf jeder Seite des Webstuhles eine angeordnet. Der eine Greifer nimmt den Faden mit in das Webfach hinein und bildet eine Schleife. Ein Schenkel der betreffenden Schleife wird etwa 0,5 cm vor der Leiste abgeschnitten. Der von der andern Seite kommende Greifer nimmt den zur Schleife ausgebildeten Schußfaden von dem eintragenden Greifer ab und zieht ihn aus, damit er gestreckt im Webfach liegt. Die beiden Greifer arbeiten also abwechselnd zuführend und abnehmend. Das Greiferende zeigt Abb. 12. *a* ist die Zubringernase, *b* ist klemmenartig ausgebildet und nimmt in die Klemme *c* den dargebrachten Faden auf und zieht ihn im Fache aus. Die Greifer arbeiten je zweimal von links und je zweimal von rechts. Die Leiste des Gewebes, Abb. 13, das auf dem Gabler-Webstuhl hergestellt wird, erhält ein Bindungsbild, Abb. 13. Ein Arbeiter ist in der Lage, etwa 20 derartige Stühle zu bedienen; dies bedeutet eine ganz wesentliche Ersparnis an Arbeitslohn. Fernerhin sind auch die Unterhaltungskosten bedeutend niedriger als bei andern Stühlen, denn die großen Ausgaben für Schützen, Picker, Lederriemen usw. fallen fort. Auch das Abschlagen von Kopsen, das immer sehr lästig wirkt, unterbleibt. Demnach arbeitet der Gabler-Webstuhl wesentlich wirtschaftlicher als die bisher bekannten Stühle. Für Webereien, die glatte Waren herstellen, wird diese Maschine einen großen Umschwung mit sich bringen. [B 2383]

Eisenbahn-Hubbrücke über die Maas in Rotterdam

An Stelle der zweigleisigen rd. 55 m langen Drehbrücke über den Königshafen in Rotterdam, die zwischen zwei festen Öffnungen von je rd. 80 m liegt, ist eine Hubbrücke zum Zwecke der Vergrößerung der lichten Höhe unter dem geschlossenen Brückenteil und einer Verminderung der Bedienungszeit errichtet worden. Die Hubbrücke wird in rd. 1 min 41 m hoch gehoben, während das Ausdrehen der Drehbrücke rd. 4 min dauerte; somit werden bei jedesmaligem Öffnen und Schließen der Brücke 6 min erspart.

Abb. 1
Eisenbahn-Hubbrücke über den Königshafen in Rotterdam im Bau (Aufnahme K. L. M. Royal Dutch Airlines)

Die Brücke wird mittels vier Drahtseile von 26 mm Dmr. hochgezogen, während zum Senken der Brücke vier andre Drahtseile benutzt werden. Weitere vier Drahtseile von 26 mm Dmr. halten die Brücke in wagerechter Lage. Abweichend von der in Amerika gebräuchlichen Aufstellung der Bewegungsvorrichtung auf den Obergurten in der Mitte des beweglichen Brückenteiles wurde der Bewegungsmechanismus von dem Konstrukteur der Brücke, Ing. Joosting im südlichen Turm angeordnet, wodurch die in der Brückenmitte befindliche zusätzliche tote Last von ⅕ bis ⅙ des Brückengewichtes erspart wurde.

Die zwei Seiltrommeln, auf die die vier Hubseile und die vier Senkseile in entgegengesetzter Richtung gewunden sind, werden von einem 200 PS-Gleichstrommotor bewegt. Eine Siemens-Schuckertsche Luftdruckbremse gestattet dem Brückenwärter die Seiltrommeln ohne Stöße zum Stillstand zu bringen. Wird das rechtzeitige Ausschalten versäumt, so schaltet sich der Motor selbsttätig aus und die Bremse tritt ebenfalls von selbst in Tätigkeit. Zur Aushilfe dient ein 30 PS-Gleichstrommotor, der die Brücke in 8 min hebt oder senkt.

Die Brücke wurde von der Firma Gutehoffnungshütte zusammen mit der Holländ. Maatschappij für Eisenbetonbauten errichtet. Die maschinellen Teile wurden von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg geliefert, während der Bewegungsmechanismus von der Maschinenfabrik Stork in Hengelo angefertigt wurde. Die acht großen Seilscheiben von 3,60 m Dmr. wurden für die MAN im Stahlwerk Mannheim gegossen und bearbeitet. Die 40 mm dicken Drahtseile, an denen die Brücke und die zwei Gegengewichte aus Beton von je 290 t Gewicht aufgehängt sind, wurden bei der Firma Felten & Guilleaume-Karlswerk, Mülheim (Rhein), hergestellt, die auch zum Teil die Hub- und Senkseile geliefert hat.

Die beiden rd. 65 m hohen Türme können jederzeit noch um 15 m erhöht werden, so daß die lichte Höhe über Hochwasser, die vorläufig 48 m beträgt, wenn nötig auf 60 m gebracht werden kann. Abb. 1 zeigt die Brücke im Bau.

Wien [M 2555] Felix L. Hartmann

Das Walchenseewerk

Von Landesbaurat Dipl.-Ing. A. M e n g e, Vorstandsmitglied der Bayernwerk-A.-G., Walchenseewerk-A.-G. und der „Mittlere Isar"-A.-G., München

(Schluß von Z. Bd. 70 S. 1671)

Abb. 53
Blick in den Kommandoraum des Walchenseewerkes

Das Transformatoren- und Schalthaus

Parallel zum Maschinenhaus und von ihm durch den 28 m breiten Werkhof getrennt, ist das 110 kV-Transformatoren- und Schalthaus angeordnet. Es hat bei 29,5 m Breite die gleiche Länge von 105 m wie das Krafthaus und ist als Kammerbau ausgeführt, d. h. jeder der freistehenden Dreikessel-Ölschalter wurde in einer besonderen, nur von außen zugänglichen Zelle untergebracht (vergl. Abb. 16 bis 18, S. 1662/63, Bd. 70).

Das 110 000 V-Schalthaus hat zwei Stockwerke, und zwar befinden sich auf der dem Maschinenhause zugekehrten Längsseite die Transformatoren, während auf der entgegengesetzten Seite die Ölschalter stehen und die Freileitungen das Schalthaus verlassen. Der Drehstrom- und der Einphasenteil des Schalthauses sind grundsätzlich gleich angeordnet.

Die T r a n s f o r m a t o r e n sind ebenso wie die des Bayernwerkes[1]) als Kerntransformatoren kurzschlußsicher gebaut. Die vier Drehstromtransformatoren, Abb. 44, haben eine Scheindauerleistung von je 20 000 kVA, das Leerlauf-Übersetzungsverhältnis beträgt

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 577.

Abb. 44
Drehstromtransformator in der Zelle

Abb. 45
Einphasentransformator in der Zelle

Abb. 47. Drehstromteil

Abb. 47 und 48. Schaltbild

A Strommesser
V Spannungsmesser
W Leistungsmesser
Z Zähler
S Synchronoskop
f Frequenzmesser
φ Leistungsfaktormesser
a Erreger- und Hilfserregermaschinen
b Nebenschlußregler mit Fernbetätigung
c Feldschwächung bei Entlastung
d Stromwandler
e_1 Kommandogerät im Maschinenraum
e_2 Kommandogerät im Kommandoraum
g Gleichstrombetätigungsschiene
h Synchronisierschiene
i Blindverbrauchzähler
i_1 Blindleistungsschreiber

6600/115 000 V bei 50 Per./s. Die Scheindauerleistung der vier Einphasentransformatoren, Abb. 45, beträgt je 10 650 kVA. Während 1 h können sie je 16 000 kVA leisten, und daran anschließend ist eine weitere Belastungssteigerung auf 20 000 kVA während 3 min möglich. Das Leerlauf-Übersetzungsverhältnis beträgt hier 6900/122 500 V, die Frequenz 16⅔ Per./s, entsprechend der Norm bei den elektrischen Fernbahnen in Mitteleuropa.

Abb. 46
Ölkühlanlage für die Transformatoren

Die Transformatoren müssen im übrigen den gleichen Bedingungen wie die Bayernwerk-Transformatoren genügen. Infolge ihres hohen Gewichtes und der großen Abmessungen wurden sie jedoch in einzelnen Teilen auf der Baustelle angeliefert und dort zusammengesetzt. Die Transformatoren haben Ölkühlung, wobei das Öl einen Kreislauf: Transformator — Ölpumpe — Kühlschlangen — Transformator, durchläuft, Abb. 46. Das Kühlwasser umspült im Gegenstrom in Betonbecken die Kühlschlangen, wodurch das Öl rückgekühlt wird.

Schaltung. Die Stromerzeuger sind unmittelbar mit den zugehörigen Transformatoren zusammengeschaltet, so daß je ein Stromerzeuger und ein Transformator eine Einheit bilden. Die Verbindung zwischen Stromerzeuger und Transformator wird beim Drehstromteil durch je 8 Kabel von 3 × 185 mm² Querschnitt hergestellt, die für 10 000 V Spannung bemessen sind, beim Einphasenteil durch die gleiche Zahl von Kabeln, jedoch solchen von nur 2 × 185 mm² Querschnitt. Die Kabel sind in Kabelgräben quer über den Werkhof verlegt. Auf der 6000 V-Seite befinden sich, wie die Schaltbilder, Abb. 47 und 48, zeigen, keine Sammelschienen und auch keine Schaltgeräte. Die Drehstromerzeuger arbeiten in Sternschaltung, während die zugehörigen Transformatoren auf der 6000 V-Seite in Dreieck, auf der 110 000 V-Seite in Stern geschaltet sind.

Als Schutzvorrichtungen gegen Überspannungen sind den Transformatoren auf der Oberspannungsseite Campos-Drosselspulen vorgeschaltet, die eine Induktivität von 5 Millihenry haben. Außerdem wird der

Abb. 48
Einphasenteil

des Walchenseewerkes

i_3 Leistungsschreiber
k Hilfstransformator
l Trennschalter
m Oelschalter
n Fernschaltmagnet
o Zwischenschutz
p Erdschlußrelais
q Drossel zum Erdschlußrelais
r Zwischenrelais
s Ueberstrom-Zeitrelais
t Eilregelung
u Ueberstrombegrenzung
v Spannungswandler
w Drosselspule

Sternpunkt irgendeines in Betrieb befindlichen Transformators über eine Petersen-Erdschlußspule an Erde gelegt. Um im Bedarfsfalle mit beiden Sammelschienen getrennt arbeiten zu können, sind zwei Erdschlußspulen mit den erforderlichen Hilfsmaschinen und Trennschaltern vorgesehen.

Unterschiedlich von den Kraftkabeln sind die Betätigungskabel in Steinnischen an den Seitenwänden des Kabelkanals verlegt, wodurch eine Überwachung dieser Kabel stets gewährleistet ist. Der Kabelkanal stellt gleichzeitig auch eine unterirdische Verbindung zwischen Maschinenhaus und Umspannwerk her. Im eigentlichen Schalthaus stehen die Ölschalter in zwei Reihen. Die elektrischen Antriebe der Ölschalter sind zu beiden Seiten des Bedienungsganges auf den Seitenwänden angeordnet. Oberhalb des offenen Bedienungsganges für die Ölschalter, Abb. 49, befinden sich die zu den 110 000 V-Doppelsammelschienen gehörenden Trennschalter. Diese sind also vom Bedienungsgang aus gut sichtbar, so daß der Schaltzustand der einzelnen Felder vom Erdgeschoß aus leicht verfolgt werden kann.

Die Anordnung der Trennmesser und der Doppel-Sammelschienensätze zeigen die Schaltbilder, Abb. 47 und 48. Die Trennschalter und Hilfsschienen für die Petersen-Spule liegen im Sammelschienenraum des 110 000 V-Hauses, Abb. 50. Die 6000 V-Hilfsschienen für die Belastungswiderstände des Drehstrom- und des Einphasenstromteiles sind dagegen im Obergeschoß, unmittelbar neben den Transformatorkammern, verlegt. Von jeder Hilfsschiene führt eine Freileitungsverbindung zu den im Hof aufgestellten Belastungswiderständen. Diese haben den Zweck, die Wirkungsgrade der Maschinensätze sowie ihre ordnungsmäßige Regelung rasch und einwandfrei ohne Zuhilfenahme des Netzes feststellen zu können. Jede beliebige Belastung kann dadurch erreicht werden, daß man mittels einer Überfallschütze den Wasserstand in den Wannen der Be-

Abb. 49
Bedienungsgang im Schalthaus

Abb. 50
110 kV-Sammelschienenraum des Drehstromteiles

Abb. 51
Belastungs-Wasserwiderstand im Werkhof

lastungswiderstände, Abb. 51, entsprechend regelt und so ein mehr oder weniger tiefes Eintauchen der Elektroden herbeiführt und damit einen größeren oder kleineren Widerstand herstellt. Die Stromzuführung zwischen den Elektroden trägt das über den Widerstandswannen errichtete Gerüst.

Zur Wasserbeschaffung für die Transformatoren, für die Lagerkühlung und die beiden Belastungswiderstände der Stromerzeuger dient eine aus sechs Maschinensätzen bestehende Pumpenanlage, die in einem Anbau an der seeseitigen Stirnwand des Maschinenhauses untergebracht ist. Von den Pumpen sind drei mit einer Förderleistung von je 90 m³/h und 10 m Förderhöhe für die Transformatorenkühlung, zwei Pumpen von je 70 m³/h und 50 m Förderhöhe für die Lagerkühlung und eine Pumpe mit 450 m³/h und 10 m Förderhöhe für die Wasserwiderstände bestimmt.

In dem Turmbau, der die Drehstrom-Schaltanlage von der Einphasenstrom-Schaltanlage trennt, ist die Werkstätte untergebracht, die mit einem 65 t-Laufkran ausgerüstet ist.

Die Verbindung von den oberspannungsseitigen Ausführungsisolatoren zur Freileitung geht über zwei Abspanngerüste, Abb. 52, getrennt für den Einphasenteil und den Drehstromteil. Beide Gerüste sind 42 m hoch. Das Gerüst für die Drehstromleitungen wiegt 50 t, das für die Einphasenleitungen rd. 41 t.

Kommandoanlage

Der großen Bedeutung, die der Kommandoanlage in Großkraftwerken für die glatte Abwicklung des Betriebes zukommt, Rechnung tragend, wurde auf deren räumliche und technische Ausrüstung besonderes Gewicht gelegt. Wie bereits erwähnt, ist die Kommandostelle an der Längswand des Maschinenhauses in dessen Mitte angeordnet und in den eigentlichen Bedienungsraum und den Meßraum eingeteilt.

Der Bedienungsraum hat elliptischen Grundriß mit 15 und 9,5 m Dmr. (Z. Bd. 70 S. 1662 Abb. 16 und 17); durch seine Lage und die baulichen Maßnahmen ist nach Möglichkeit dafür gesorgt, daß ihm alle von den Maschinen herrührenden Geräusche ferngehalten werden. Die Pulte für die Bedienung der Maschinen- und Transformatorsätze und die Meßgerätetafeln für die Maschinen und die abgehenden Leitungen sind getrennt nach Drehstrom- und Einphasenanlage aufgestellt, Abb. 53, S. 327.

Die kreisrunden Meßgeräte sind ohne Verwendung blanker Teile versenkt auf mattgeschliffenen, dunklen Marmortafeln angebracht. Auf den Maschinenfeldern sitzen alle Wattmesser, Spannungs-, Strommesser und cos φ-Zeiger in einer wagerechten Linie. Das gleiche gilt für die Strommesser der Abzweige, bei denen die Strommesser der drei verschiedenen Phasen gleichmäßig übereinandersitzen. Die senkrechte Anordnung dieser Meßgeräte hat sich als außerordentlich übersichtlich erwiesen gegenüber der bisherigen Ausführung, bei der die verschiedenartigen Meßgeräte lediglich der Symmetrie wegen bunt durcheinander angebracht wurden.

Die Markierungsleisten der Doppel-Sammelschienensätze sind nicht, wie sonst üblich, auf den Schaltpulten, sondern auf der Meßgerätetafel angebracht. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die Signallampen von jeder Stelle des Schaltraumes aus sichtbar sind. Dadurch, daß die Schaltpulte, die die Betätigungsschalter aufnehmen, vor der Meßgerätetafel in einem gewissen Abstand aufgestellt sind, erhält der Schalttafelwärter während der Regelung eine größere Übersicht auf die übrigen Felder.

Zwischen Bedienungsraum und Maschinenhaus sind die Zähler- und Relaistafeln, ebenfalls für Drehstrom und Einphasenstrom getrennt, aufgestellt. Zur Befehlsübertragung steht im Maschinenhaus vor den Kranpfeilern für jeden Stromerzeuger eine besondere Kommandotafel, die außer den Kommandogeräten und einem Wattmesser auch eine Einrichtung enthält, die die jeweilige Stellung der Drosselklappen im Apparatehaus des Wasserschlosses anzeigt und deren Schluß gestattet.

Heranschaffung der Werkausrüstung

Da die Schaffung geeigneter Transportwege vom Bahnhof Kochel bis zum Kraftwerk einesteils wegen der ungünstigen Geländeverhältnisse, anderseits wegen der großen Gewichte der Maschinenteile (70 t) auf Schwierigkeiten stieß, wurde für die Beförderung der schwersten Stücke eine Fähre von 130 t Tragfähigkeit beschafft. Diese besteht aus zwei rd. 30 m langen Schwimmkörpern und einer diese verbindenden Eisenkonstruktion, die die Eisenbahnschienen trägt. Die Gleise vom Bahnhof Kochel bis zum Schiffsanlegeplatz wurden so angelegt, daß die Eisenbahnwagen mit voller Last auf die Fähre übergehen können. Dasselbe gilt auch für den Anlegeplatz beim Kraftwerk. Während des Be- und Entladevorganges wird die Fähre an der Landestelle vor dem Eisenbahnanschlußgleis gesenkt und auf dem mit Holzrippen versehenen Betonboden des Anlegeplatzes zum Aufsetzen gebracht, um einen sicheren Übergang der Eisenbahnwagen auf die Fähre zu ermöglichen. Zum Versenken der Fähre sowie zum Heben in die Schwimmlage dient Ballastwasser, das durch eine von einem Benzinmotor angetriebene Pumpe gefördert wird.

Abb. 52
Abspanngerüste des Walchenseewerkes

Wasserwirtschaft

Das Walchenseewerk (Jahresspeicherwerk) und ie Anlagen der „Mittleren Isar“ (im derzeitigen Ausbau, ›gesehen von der Kanalspeicherung, noch reines Lauf-erk) sind die Hauptkraftquellen des Bayernwerkes und e einzigen Kraftquellen für die Stromversorgung der ektrisch betriebenen Reichsbahnlinien in Bayern. Der atur der beiden Anlagen entsprechend fällt bei dieser usammenarbeit dem Walchenseewerk als Speicherwerk ı der Hauptsache die Übernahme der Spitzenbe-ıstung zu, während die „Mittlere Isar“ die Grund-elastung der Landesversorgung und des Bahnbetriebes bernimmt. Wie die Drehstrombelastung durch die Zen-ralverteilstelle des Bayernwerkes auf die beiden Groß-asserkraftwerke an einem normalen Werktag im Win-rhalbjahr 1925/26 aufgeteilt wurde, zeigt Abb. 54. Dem-ntsprechend wird auch die Aufteilung der Bahnbelastung uf beide Kraftwerkanlagen vom Bayernwerk durch-eführt, sofern die geforderte Einphasenleistung das Lei-tungsvermögen der „Mittleren Isar“ mit Rücksicht auf erfügbare Wassermenge und Drehstrombelastung über-teigt.

Der nutzbare Speicherinhalt des Walchensee-verkes, dessen Fläche 16,2 km² umfaßt, entspricht bei der rößtzulässigen Stauschwankung von 4,9 m einer Arbeit on rd. 29 Mill. kWh. Es sind demnach von der mittleren Gesamtarbeit eines Jahres, die rd. 180 Mill. kWh beträgt, m Höchstfalle mehr als 16 vH speicherbar. Dieser Wasser-nd Energievorrat wird in Jahren mit normalen Witte-ungsverhältnissen in den Monaten November bis März, lso in fünf Wintermonaten, in Anspruch genommen; der bgesenkte See erreicht innerhalb vier bis fünf Wochen, l. i. gewöhnlich bis Ende Mai, wieder seine normale Spiegelhöhe. In den Monaten Juni bis Oktober ist der Walchensee stets auf seinen Normalspiegel, 801,5 m ü. M. (Mittelmeer), aufgefüllt. Das Landschaftsbild zeigt also während dieser Zeit keine Veränderung gegenüber jenem vor dem Bau des Walchenseewerkes.

Die mittlere Jahresleistung (8760 h) des Kraftwerkes errechnet sich zu mehr als 20 000 kW, entsprechend einem Belastungsfaktor von rd. 0,2 bei im Mittel $\cos\varphi = 0{,}8$. Das Walchenseewerk eröffnete am 24. Januar 1924 mit zwei Drehstrommaschinen den Betrieb. Die übrigen Ma-schinen des Drehstromteiles folgten im Laufe des Jahres 1924. Das gesamte Werk mit acht Maschinensätzen war vom September 1925 ab vollkommen betriebsbereit. Nach einem Vertrag mit der Walchenseewerk-A.-G. wurde die Betriebführung im Walchenseewerk der Bayernwerk-A.-G. übertragen. Mit der eingebauten Maschinenleistung von 168 000 PS kann die Wasserdarbietung des Einzugsgebietes der Isar und des Walchensees sowie die Speicherfähigkeit des Walchensees selbst voll ausgenutzt werden; die Betriebsicherheit und Anpassungsfähigkeit der Leistung entspricht den weitgehenden Anforderungen der Bayernwerk-A.-G. und der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. [B 2123]

Erzeugung des Walchenseewerkes
" der mittlen Jsar A.G.

Abb. 54
Winterdiagramm des Bayernwerkes

Die Rutschungen im Eisenbahneinschnitt Rosengarten

Im Jahre 1911 wurde der Eisenbahneinschnitt bei Rosengarten, westlich von Frankfurt a. d. O., um 11 m vertieft, um das Gefälle von 1 : 100 auf 1 : 150 abzuflachen. Diese Maßnahme hat Rutschungen des Erdreichs zur Folge gehabt, deren größte im Dezember des Jahres 1925 eintrat, Abb. 1. Es handelt sich hierbei um ein Nachgeben und Emporquellen von Tonmassen, die durch den Einschnitt ihres Widerlagers beraubt worden sind.

Die Untersuchungen der Geologischen Landesanstalt[1]) haben ergeben, daß man sich den Vorgang wie folgt zu denken hat: Der frei zutage liegende Ton hat im Laufe der Jahre durch Frost und Hitze sowie durch abwechselndes Schwellen und Schrumpfen Risse erhalten, durch die Niederschlagswasser in die Tiefe gedrungen ist. Dieses hat den Tonhang aufgeweicht und morsch gemacht, so daß der gewählte Böschungswinkel nicht ausreichte.

Da ein Abführen des Sickerwassers zu keinem Erfolg geführt hat, ist man jetzt dabei, den Einschnitt an den Stellen, wo er im Ton steht, stark abzuböschen und mit einer Sandschicht von ¾ m Dicke sowie mit Mutterboden zu bedecken, um den Ton vor weiteren Einflüssen der Witterung zu schützen und dem Regenwasser einen schnellen und glatten Abfluß zu ermöglichen. [M 6]

[1]) R. Michael und W. Dienemann: Die Rutschungen im Eisenbahneinschnitt Rosengarten; Sonderdruck aus dem Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt für 1926; Berlin 1926. Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt. 29 S 5 Abb. 12 Tafeln.

Abb. 1
Rutschung im Eisenbahneinschnitt Rosengarten, westlich von Frankfurt a. d. O., Dezember 1925

RUNDSCHAU

Maschinenteile

Dampfturbinen-Stopfbüchsen

Die Abdichtung schnellaufender Turbinenwellen gegen Überdruck oder gegen Unterdruck im Gehäuse hat bei Maschinen jeder Bauart und Größe stets Schwierigkeiten bereitet. Anfänglich benutzte man Metallstopfbüchsen mit Druckschmierung, um den schnellen Verschleiß zu verhindern. Bei höheren Drücken und Temperaturen ging man zu stark graphithaltigen Kohlenringen über, die sich in Kammern frei bewegen; diese haben sich bis heute gut bewährt. Nachdem jedoch in den letzten Jahren Druck und Temperatur sowie auch die Umfangsgeschwindigkeit weiter gestiegen sind, empfand man den schnellen Verschleiß der Kohlenringe als großen Nachteil. Bei harter Kohle nutzte sich die Wellenoberfläche, bei den höchstwertigen Graphitringen (Karbonen) die Kohle selbst stark ab. Die Abnutzung der Welle oder der Ringe hat aber ihre alleinige Ursache im Eigengewicht der Dichtungsteile. Es ist daher wichtig, das Gewicht der Kohlenringe und den Druck der sie umschließenden Schlauch- oder Spannfeder von der Welle fernzuhalten.

Alle bisherigen Ausführungen, selbst die auf Bügelfederentlastung beruhende einfachste Art, drücken entweder zu stark oder verändern sich bei hohen Temperaturen; daher nutzen sich die Kohlenringe oberhalb der Welle bald ab. Außerdem erschlafft auch die Schlauchfeder schnell. Um den Dampfverlust, der bei seitlichem Spiel der Ringe entsteht, zu verringern, versuchte man, die Ringe möglichst genau einzupassen. Dies birgt aber die Gefahr in sich, daß Klemmungen entstehen, zumal wenn die Stopfbüchse durch Rohrschlamm verunreinigt wird.

Bei Labyrinthdichtungen, die man immer als Ersatz für Stopfbüchsen mit Kohlenringen benutzt hat, muß man die Dampfverluste durch die Labyrinthe in den Kauf nehmen. Labyrinthdichtungen sind auch wegen der Notwendigkeit weiterer Absaugleitungen nicht wirtschaftlich; außerdem werden sie auch stark beschädigt, wenn z. B. bei Wassereintritt die Turbine unruhig läuft, was sich nie ganz vermeiden läßt.

Bei der Wellfederpackung für Dampfturbinen von Gustav Huhn, Berlin, fallen dagegen die Nachteile der früheren Kohlenpackung und der Labyrinthdichtung fort. Im Gegensatz zu andern Kohlendichtungen, die in jeder Kammer nur einen einzelnen Ring enthalten, hat die Huhnsche Packung je zwei Ringe, Abb. 1 bis 3; in die an der Außenseite der Ringe gebildeten keilförmigen Nuten greifen entsprechend gestaltete Ringe ein, die durch Spanndrähte festgehalten werden. Zwischen die Enden dieser Drähte und zwischen je zwei Teile eines Keilringes ist eine Wellfeder eingeschaltet, die auf Druck beansprucht wird. Die Keilringe halten die mehrteiligen Kohlenringpaare nicht nur dicht schließend an der Welle, sondern drücken auch die Ringe

Abb. 1 und **2**
Schnitt durch die Huhnsche Wellfeder-Kohlenpackung
a Kegeliger Ring *b* Spanndraht *c* Wellfeder *d* Kohlenringe *e* Kammerstegwand *f* Kordel- oder Sechskantmutter

Abb. 3 Ansicht der Huhnschen Packung für Dampfturbinen-Stopfbüchsen. Kammerstegwand und kegeliger Ring sind zum Teil ausgebrochen, damit man das Innere mit der Befestigung der Wellfeder sehen kann.

nachgiebig nach rechts und nach links gegen die Stegwand der Kammer. Diesen Druck regelt man mittels Schraubenmutter und Gewindes, das auf den Spanndraht geschnitten ist. Man gibt der Wellfeder gerade so viel Spannung, daß die Ringe leicht an den Kammerstegen kleben und der Einfluß ihres Gewichts aufgehoben wird. In der bei Einbau gegebenen Lage verharren die Ringe, solange die Welle ruhig läuft. Beim Überschreiten der kritischen Drehzahl sind aber Schwingungen der Welle unvermeidlich; diesen passen sich die Ringe an, wobei sie aber nur ganz leicht an die Kammerwände gedrückt werden und daher auch die Welle nur wenig belasten.

Während sich alle andern Kohlenstopfbüchsen nach kurzer Zeit abnutzen, hat man dies bei der Huhnschen Packung unter gewöhnlichen Betriebsverhältnissen noch nicht festgestellt. Die Stopfbüchsen blieben so dicht, daß man häufig die Absaugleitungen ganz schließen konnte. Auch an Unterdruck-Stopfbüchsen konnte man oft den Sperrdampf abstellen. An Kohlenoxyd-Turbokompressoren von sehr großer Leistung sind solche Stopfbüchsen seit über zwei Jahren völlig dicht geblieben, während sich Labyrinth-Stopfbüchsen sogar bei Zusatz von Wasser als Sperrflüssigkeit als nicht brauchbar erwiesen.

Die eigenartige Wellfeder aus vernickeltem Bandstahl bleibt auch bei mehr als 500 °C elastisch, vermutlich deshalb, weil sie nur auf Druck beansprucht wird.

Versuche mit einer Wellfeder-Kohlenpackung von 380 mm Stopfbüchsen-Lichtweite bei 280 mm Wellendurchmesser und mit acht Kammern bei 44 m/s Umfangsgeschwindigkeit der Welle hatten folgendes Ergebnis:

Zahlentafel 1. Versuche mit Huhnschen Stopfbüchsen

Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6
Dampfdruck . . . . . . at	10	12,5	12	10	9	8,5
Gegendruck . . . . . . „	5	4,9	3,5	3	4,2	4,9
Druck am Eintritt . . . „	7	7	5	5	6,4	7,4
Druck zwischen Labyrinth und Kohlenpackung . . . . „	—	—	—	—	6,4	7,4
Druckunterschied . . . „	—	—	—	—	0	0
Überhitzung . . . . . °C	236	242	237	220	230	230
Temperatur am Austritt . . . . „	—	—	190	180	170	170
Kondensat-Hochdruckseite . . . . l/h	67	45	30	54	61,2	72
Kondensat-Niederdruckseite . . . . . „	66	84	60	60	62,4	86
Umdrehungszahl Uml./min	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Der Verlust an den beiden Stopfbüchsen war also sehr gering und betrug insgesamt 120 bis 150 l/h. Der Hochdruckteil hatte außer der Kohlenpackung noch eine Labyrinthvorstopfbüchse von rd. 220 mm Länge. Aus den Versuchen 5 und 6 geht aber hervor, daß kein Druckunterschied zwischen Labyrinth- und Kohlenstopfbüchse auftrat, daß also die Labyrinthdichtung in Verbindung mit Kohlenstopfbüchse überflüssig war. [M 2378]

Schaltgeräte

Zeitlich versetztes Anfahren von starken Elektromotoren

Sind an ein Kraftwerk Schächte angeschlossen, deren Fördermaschinen an Stelle großer Ilgner- oder Leonard-Maschinensätze der Billigkeit wegen gewöhnliche Drehstrom-Asynchronmotoren mit Zahnradvorgelegen zum Antrieb haben, so ergibt sich der schwerwiegende Nachteil der hohen Anfahrstöße und Blindstrombelastungen. Werden zuweilen mehrere derartige schwere Fördermotoren aus demselben Kraftwerk gespeist, so ist bei gleichzeitigem Anfahren Überlastung der Dampfturbinen, der Transformatoren und damit Schalterfall mit allen seinen nebenher auftretenden Mißhelligkeiten die Folge, wenn die Kraftwerkleistung im Verhältnis zur Fördermaschinenleistung nicht von vornherein sehr groß bemessen worden war. Auf vielen Werken, namentlich in der Kaliindustrie, tritt noch erschwerend hinzu, daß in den Werken meist Anzapf- oder reine Gegendruckmaschinen laufen, die mit Rücksicht auf den gleichmäßigen Dampfverbrauch der angeschlossenen chemischen Betriebe keine starken Belastungsschwankungen ohne entsprechende Dampfverluste durch Auspuffen aufnehmen können.

Man muß daher das Anfahren der elektrischen Fördermaschinen oder sonstiger starke Belastungsstöße verursachender Stromverbraucher möglichst gleichmäßig zeitlich gegeneinander versetzen. Liegen die von dem gleichen Netz gespeisten Schächte räumlich sehr nahe beieinander, so ist dies Versetzen durch mechanische oder elektrische Signaleinrichtungen leicht zu erreichen. Liegen sie aber, wie beispielsweise viele Kalischächte an der Werra und am Südharz, 10 bis 20 km oder noch weiter voneinander entfernt, so verbietet sich schon wegen der hohen Kosten das Bauen von besonderen Signalleitungen. Es hat sich daher vielerorts zum Zwecke des Versetztfahrens der folgende Brauch herausgestellt:

Der Fördermaschinist auf dem einen Schacht beobachtet seinen Spannungsmesser; zeigt dieser in einem bestimmten Augenblick die höchstmögliche Netzspannung an, so weiß er, daß der Nachbarfördermaschinist in diesem Augenblick nicht fördert, und fährt also an. Die gleiche Überlegung hat vielleicht aber genau in demselben Augenblick auch der Nachbarfördermaschinist angestellt; dieser fährt also auch an. Beide Maschinisten beobachten nun ein Heruntergehen der Netzspannung, wissen aber nicht, daß das, was sie gerade vermeiden wollten, eingetreten ist: eine erhöhte Belastung des Kraftwerkes durch gleichzeitiges Anfahren zweier schwerer Maschinen.

Um diesem Übelstand im praktischen Betrieb abzuhelfen, ging ich von folgender Überlegung aus: An das gemeinschaftliche Drehstromnetz a, Abb. 4, seien z. B. drei Fördermotoren oder sonstige gegeneinander zeitlich zu versetzende Stromverbraucher b_1, b_2, b_3 angeschlossen. Am Stande des Maschinenwärters werden kleine Synchronmotoren oder synchron laufende Vorrichtungen c_1, c_2, c_3

Abb. 4
Grundanordnung der Steuersignalvorrichtung für zeitlich versetztes Anfahren großer Motoren

a Drehstromnetz b_1, b_2, b_3 gegeneinander zeitlich zu versetzende Fördermotoren oder andre Großstromverbraucher c_1, c_2, c_3 kleine Synchronmotoren d_1, d_2, d_3 Uebersetzungsgetriebe e_1, e_2, e_3 umlaufende Zeiger f_1, f_2, f_3 feststehende Zeitscheiben

Abb. 5 und **6**
Kennzeichnung der zulässigen Anfahrzeiten auf den Zeitscheiben

angebracht, die ebenfalls an das Netz a angeschlossen sind. Sie treiben mittels Übersetzungsgetriebe d_1, d_2, d_3 Zeiger e_1, e_2, e_3 an, die auf Zeitscheiben f_1, f_2, f_3 umlaufen. Sämtliche Zeiger müssen sich mit gleicher Winkelgeschwindigkeit drehen, da die Synchronmotoren c_1, c_2, c_3 mit vollkommen gleicher, der Periodenzahl des Netzes entsprechender Geschwindigkeit umlaufen.

Kennzeichnet man nach Abb. 5 auf der Scheibe f_1 einen nicht schraffierten Ausschnitt g_1, auf f_2 g_2 und auf f_3 g_3, die sämtlich gegeneinander versetzt sind, so erhalten die Maschinenwärter die Anweisung, nur dann anzufahren, wenn der Zeiger sich gerade in dem betreffenden weißen Ausschnitt befindet. Machen die Zeiger z. B. in jeder Minute gerade eine volle Umdrehung, dann steht den drei Förderanlagen nur je ein Zeitraum von 20 s/min zum Anfahren zur Verfügung.

Der Maschinist kann, wenn er die 20 s aus irgendwelchen Gründen nicht zum Anfahren ausgenutzt hat, erst nach weiteren 40 s wieder in den Kreislauf hineinkommen. Sollte die Pause von 40 s im bergmännischen Förderbetrieb zu lang sein, so läßt sich ohne weiteres die Pause auf beliebige kleinere Beträge abkürzen. Verfährt man mit der Einteilung der Zeitscheiben nach Abb. 6, so kann der Fördermaschinist in 1 min zweimal einen Ausschnitt von je 10 s Dauer zum Anfahren ausnutzen und braucht nur je eine Pause von 20 s einzuhalten.

Die ganze Anordnung hat den großen Vorteil für den praktischen Betrieb, daß sich in einem großen Drehstromnetz jederzeit die Anfahrzeiten beliebiger Maschinenarten gegeneinander versetzen lassen, ohne daß besondere Signalkabel usw. verlegt zu werden brauchen. Man kann auch den kleinen Synchronmotor oder den Synchronantrieb oder den Zeigermechanismus unmittelbar oder mittelbar zum Sperren der Anfahr- oder Steuervorrichtungen benutzen. Will man auf die ständige Beobachtung eines umlaufenden Zeigers verzichten, so lassen sich weiter die kleinen Synchronmotoren dazu verwenden, innerhalb der gewählten Sperrzeiten sicht- oder hörbare Signale zu betätigen.

Um bei Inbetriebnahme der Einrichtung oder nach aufgetretenen Netzstörungen nach dem Wiedereinschalten die Zeiger mit den umlaufenden Wellen der Synchronantriebe wieder richtig zu kuppeln, kann man die Kupplung ähnlich wie bei Stoppuhren bekannter Bauart durchbilden und das Einrücken mittels telephonischer Fernsprechübermittlung vom Kraftwerk nach den Maschinenständen durchführen. Besteht keine Übermittlungsmöglichkeit durch Fernsprecher, so kuppelt man derart, daß von der Hauptstelle im Starkstromnetz durch kurzfristiges Zu- oder Abschalten von Belastungen mittels Widerstände, Selbstinduktionen oder Kapazitäten eine kurzzeitig vorübergehende elektrische Veränderung hervorgerufen wird, auf die in den Nebenstellen geeignete Zeichengeber, z. B. Glühlampen, ansprechen; die Steuersignalgeräte werden hiernach von Hand oder selbsttätig gekuppelt.

Nach den dargestellten Grundsätzen hat die Firma Siemens & Halske A.-G. mehrere Signalgeräte ausgeführt. In Abb. 7 ist ein solches Gerät betriebfertig, in Abb. 8 offen mit abgenommener Zeitscheibe dargestellt. Zum jeweiligen Synchronisieren der Zeiger bei Inbetriebnahme kann bei dieser Ausführung der Zeiger in der Nulllage durch einen mittels Druckknopfes betätigten Haltemagnet festgehalten werden, der bei Loslassen des Druckknopfes den Zeiger mit der Zeigerwelle unverzüglich kuppelt und umlaufen läßt.

Die Vorrichtung ist auch für ortveränderliche Stromverbraucher brauchbar und gewinnt überall dort Bedeutung, wo die Kraftwerkleistung beschränkt ist oder diese Strom-

Abb. 7 (links) Steuersignalgerät für zeitlich versetztes Anfahren starker Elektromotoren

Abb. 8 (rechts) Steuersignalgerät, geöffnet

verbraucher einem Tarif unterliegen, der die Überschreitung von festgelegten Spitzen besonders belastet. Hierzu gehören Abraumbagger auf Baustellen, fahrbare Verladebrücken und Hafenkrane, unter Umständen auch elektrische Lokomotiven. Bemerkt sei ferner, daß die Steuersignalgeräte gleichermaßen für Drehstrom- und für Einphasenstrom verwendbar sind. Sie sind im Dauerbetrieb auf mehreren Schachtanlagen bereits praktisch erprobt worden und haben ihre vielseitige Verwendbarkeit bewiesen.

Kassel-Wilhelmshöhe Direktor Dr.-Ing. Heinz Voigt [M 2394]

Schiffbau

Jahresversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt e. V.

Am 27. und 28. September fand in Düsseldorf die vierte Jahresversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt statt. Dr.-Ing. Foerster, Hamburg, sprach über

die neuen Ergebnisse und Aufgaben der Schiffbau-Versuchs- und Propellertechnik.

Der unmittelbare Schiffsantrieb durch Motoren und in gewissem Grad auch durch Turbinen verlangt höhere Schraubendrehzahlen, als früher bei Dampfmaschinen üblich waren; da Schiffsschrauben dagegen bei niedrigen Drehzahlen besser arbeiten als bei hohen, muß man zu einem Ausgleich kommen. In diesem Rahmen ist es in den letzten Jahren eine der Hauptaufgaben der Schiffbau-Versuchsanstalt gewesen, Schiffsschrauben auszubilden, die bei hohen Drehzahlen wirtschaftlich arbeiten, und diese Aufgabe wird auch noch in den nächsten Jahren im Vordergrunde stehen.

Die Anstalt hat ferner im vergangenen Jahre geeignete Schiffsformen für die Schnellfahrt auf flachem Wasser ausgebildet, insbesondere solche für Schnellgleitboote. Da bei flachem Wasser im Wasser arbeitende Schrauben schwer unterzubringen sind, ist man bei solchen Fahrzeugen zu Luftschrauben übergegangen. Insbesondere wurde die Rumpfform eines Gleitbootes mit Luftschraubenantrieb untersucht, das im Fahrgastverkehr auf dem Magdalenenstrom 32 Kn Geschwindigkeit erreichen soll. Auch mit Schwimmerformen für Wasserflugzeuge wurden Versuche ausgeführt. Diese Schwimmer müssen vor allem so gebaut sein, daß sie im Augenblick des Aufsetzens auf das Wasser einen geringen Widerstand ergeben, da sonst die Fahrt des Wasserflugzeuges zu stark gehemmt wird und sich das Flugzeug überschlägt. Ferner wies Dr. Foerster darauf hin, daß sich das ursprünglich im Flugzeugbau entstandene Flettner-Ruder in der Schiffahrt fest eingeführt hat und auf dem Rhein bei mehr als 100 Schiffen im Gebrauch ist.

Eine wichtige Aufgabe der Schiffbau-Versuchsanstalt war die Untersuchung von Schiffsformen für hohe Geschwindigkeit bei beschränkter Wassertiefe. Der Widerstand derartiger Schiffe ist beispielsweise in der Fahrt Kiel–Korsör auf rd. 14 m mittlerer Wassertiefe bei einem Schiff von etwa 2300 t Verdrängung und 20 Kn Geschwindigkeit ungefähr 3½mal so groß wie bei unbeschränkter Wassertiefe. Unter diesen Umständen ist eine Ersparnis an Widerstand von etwa 25 vH, wie sie sich nach Versuchen mit einer Schiffsform, die einem österreichischen Ingenieur patentiert wurde, ermöglichen läßt, von besonderer Bedeutung. Es würde sich empfehlen, Versuche mit derartigen Modellen bei hohen Geschwindigkeiten und beschränkter Wassertiefe planmäßig in größerem Maße durchzuführen, um einen vollständigen Überblick über die gesamten Verhältnisse zu erhalten.

Die Frage des Widerstandes von Schleppzügen ist dadurch gefördert worden, daß vergleichende Versuche mit verschiedenem Abstand der geschleppten Kähne voneinander ausgeführt wurden. Es zeigte sich, daß der Widerstand von vier Kähnen, die mit je einer Schiffslänge Abstand hintereinander geschleppt werden, rd. 3,3 mal so groß ist wie derjenige eines einzelnen Kahnes; bei einer Verringerung des Abstandes auf die Hälfte einer Schiffslänge blieb der Gesamtwiderstand der vier Kähne gleich hoch, fiel aber auf das 2,75fache des Widerstandes eines einzelnen Kahnes, wenn die Kähne so eng hintereinander geschleppt wurden, wie es mit Rücksicht auf die Einstellung des Ruders möglich ist. Durch senkrechte seitliche Platten, die die noch verbleibenden kurzen Zwischenräume zwischen den Kähnen abdecken, läßt sich der Widerstand noch etwas weiter, jedoch nicht wesentlich verringern.

Nach diesem Ergebnis ist die Schleppweise, wie sie auf der Donau üblich ist, und bei der die Kähne eng aneinander gekoppelt werden, vorteilhafter als diejenige auf dem Rhein, wo Kähne an einzelnen Seilen in weiten Abständen geschleppt werden. In Amerika hat man eine Verringerung der Schleppkraft dadurch erreicht, daß der Schleppzug aus vielen gleichen viereckigen, miteinander durch Stahlseile verbundenen Kähnen besteht, so daß von mehreren Kähnen hintereinander und nebeneinander ein breites Floß gebildet wird, das vom Schleppdampfer geschoben wird. Bei diesem Verfahren lassen sich etwa 30 bis 50 vH an Schleppleistung sparen; es ist jedoch in Amerika mit beladenen Kähnen nur flußabwärts üblich, während die Kähne flußaufwärts in gleicher Weise leer gefahren werden.

Die Hauptaufgabe der Schleppversuchsanstalt hat sich während des letzten Jahres indessen auf planmäßige Versuche gerichtet, um festzustellen, ob es möglich sei, den Schraubenantrieb für die Schleppschiffahrt auf flachem Wasser dem Seitenradantrieb gleichwertig zu machen. Zu diesem Zweck ist mit Mitteln der Gesellschaft, die durch Beiträge von den Rheinschiffswerften und Rheinschiffahrt-Gesellschaften wesentlich vergrößert wurden, ein großer Versuchsplan zu dem Zwecke durchgeführt worden, die Wirtschaftlichkeit der Schleppschiffahrt unter Berücksichtigung aller technischen und wirtschaftlichen Einzelheiten zu klären. Hiervon sind zunächst die technischen Versuche durchgeführt worden.

Über den Umfang und das Ergebnis dieser Sonderversuche berichtete Direktor Dr.-Ing. Kempf in seinem Vortrage. Bei den Versuchen wurden die bei gleicher Maschinenleistung, Schleppgeschwindigkeit und Schiffstiefgang gemessenen Trossenzüge und Schleppwirkungsgrade für vier Antriebarten, nämlich den gewöhnlichen Seitenradantrieb, den Lloydantrieb mit Heckrädern[1]), die wesentlich über die Breite des Schiffes hinausragen, den Doppelschrauben- und Dreischraubenantrieb verglichen. Da die Schlepper bei allen vier Antriebarten nur 1,3 m Tiefgang haben sollen, sind die Schrauben durch Schirmbleche abgedeckt.

Die Schiffskörper sind zusammen mit Rheinschiffswerften ausgebildet und je nach den Bedingungen der Antriebart bemessen worden. Als Hauptabmessungen ergaben sich für den Seitenradschlepper 75 m Länge und 9,1 m Breite, für den Heckradschlepper 58 m Länge und 7,8 m Breite, für den Dreischraubenschlepper 54 m Länge

[1]) „Werft, Reederei, Hafen" Bd. 5 (1924) S. 491.

.d 9,6 m Breite und für den Doppelschraubenschlepper 50 m inge und 9,4 m Breite. Die Versuche wurden bei drei verhiedenen Wassertiefen von 3,5 m, 2,5 m und 1,7 m durchführt. Die Maschinenleistung wurde für alle Schiffe auf 85 PS_e festgelegt, womit sich bei 2,5 m Wassertiefe durch nen gewöhnlichen Seitenradschlepper bei 11 km/h Gehwindigkeit 12 t Zug erreichen läßt.

Dies entspricht etwa dem Trossenzug, der für vier ähne bei 5000 t Ladung aufzuwenden ist. Die Verche wurden im Maßstab 1 : 20 ausgeführt und ergaben hleppwirkungsgrade bis zu 38 bis 40 vH.

Bei den Versuchen auf verschiedener Wassertiefe wurde lgendes festgestellt: bei 3,5 m Wassertiefe haben, wenn an den gewöhnlichen Seitenradschlepper als Grundlage mmt, der Lloydantrieb eine um 11 vH höhere, der Dreihraubenantrieb eine um 5 vH niedrigere und der Zweihraubenantrieb eine um 14 vH niedrigere Leistung. Bei 5 m Wassertiefe haben sich die Verhältnisse schon wesentch geändert, weil es bei den hinten am Schiff arbeitenn Antrieben schwieriger wird, das Wasser unter dem oden des Schiffes durchzusaugen. Der Lloydantrieb ist 1 diesem Fall um 5 vH ungünstiger als der Seitenradntrieb, der Dreischraubenantrieb um 25 vH und der Zweihraubenantrieb um 31 vH.

Für 1,7 m Wassertiefe war es nicht möglich, die 1 km/h entsprechende Schleppgeschwindigkeit zu erreichen, a die hinten getriebenen Schlepper eine derartige heckıstige Trimmlage annahmen, daß sie den Boden berührten. eshalb wurden diese Versuche mit 10 km/h Schleppgehwindigkeit durchgeführt, wobei der Lloydschlepper 3 vH, er Dreischraubenschlepper 23 vH und der Zweischraubenhlepper 49 vH weniger leistete als der Seitenradschlepper. s zeigte sich also gerade beim Zweischraubenschlepper, essen Schrauben verhältnismäßig weit nach innen liegen, aß der Wirkungsgrad außerordentlich stark abfällt, sobald ie Wassertiefe gering wird. Der Seitenradschlepper senkte ich bei den Versuchen zwar auch, er tauchte aber nur arallel ein.

Die Versuche werden in nächster Zeit vor allem mit Rücksicht auf die Bau- und Antriebkosten weiter gegeneinnder ausgewertet werden. In dieser Beziehung wird sich lie Lage des Seitenradschleppers, der wesentlich teurer zu auen ist, gegenüber den andern Schleppern verschlechtern.

Anschließend an Dr. Kempf sprach Dipl.-Ing. M. Popp, Hamburg, über ein Verfahren zur Bestimmung der esten Abmessungen einer Schiffsschraube für einen betimmten Konstruktionsfall. Dieses Verfahren ist von Dr. on den Steinen ausgearbeitet worden und stützt sich uf die planmäßigen Schraubenversuche von Dr. Schaffan.

Schließlich hielt Prof. Dr. Horn, Berlin, einen Vorrag über Arbeiten, die mit Mitteln der Gesellschaft und der Deutschen Werft, Hamburg, gemeinsam ausgeführt vorden sind. Dabei handelte es sich um die Frage, ob es nöglich sei, mit Hilfe der Tragflügeltheorie Schiffsschrauen zu finden, die auch bei hohem Belastungsgrad und verhältnismäßig hoher Umlaufzahl günstiger arbeiten als lie heute gebräuchlichen Schiffsschrauben. Dr. Horn fand, laß die von ihm vorgeschlagenen neuartigen Schraubenformen den heute gebräuchlichen durchaus gleichwertig, wenn nicht überlegen sind.

Über eine Bestätigung früherer Versuchsergebnisse der Anstalt mit Leitschrauben berichtete Oberingenieur Müller von der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschiffahrtsgesellschaft, der über den wirtschaftlichen Erfolg sprach, der durch den Anbau von Leitschrauben, Bauart Haß, an Doppelschrauben-Fahrgastschiffe seiner Gesellschaft erreicht worden ist. Vor dem Anbau der Leitflächen sind mit einem Modell des Fahrgastschiffes „Antonio Delfino“ eingehende Versuche in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt ausgeführt worden, und zwar mit dreiflügeligen, zweiflügeligen und einflügeligen Leitschrauben, die mit verschiedenen Ablenkwinkeln untersucht wurden. Am günstigsten war das Ergebnis mit einer einflügeligen Leitschraube. Nach diesem Modell wurden daher die Leitflügel an den Wellenhosen des Schiffes angebracht.

Heute sind die Leitschrauben zwei Jahre im Betrieb und haben nach den Schiffstagebüchern zu folgendem Ergebnis geführt: Für die gleiche Geschwindigkeit ist durch den Einbau eine Ersparnis von 5,43 t Heizöl je Tag oder 7,4 vH der Gesamtleistung erreicht worden. Bei 220 Seetagen in einem Jahr ergibt sich hieraus eine Heizölersparnis von 1195 t. Auch bei den später mit Leitapparaten versehenen Doppelschrauben-Motorschiffen „Monte Sarmiento“ und „Monte Olivia“ wurden zunächst Modellversuche mit zweiflügeligen und einflügeligen Leitschrauben ausgeführt. Bei diesen Schiffen ergab sich bei den zweiflügeligen Leitschrauben, mit denen die Schiffe versehen wurden, eine bessere Wirkung.

Während vor dem Einbau 336 Schraubenumdrehungen für das Ablaufen einer Seemeile erforderlich waren, kamen nach dem Anbau als Mittel aus drei Reisen nur 314,5 Uml./Sm auf der gleichen Strecke. Die Steigung der Schrauben ist unverändert geblieben. Der mittlere indizierte Druck der Hauptmotoren war eher noch etwas geringer als vorher. Die Geschwindigkeit der Schiffe wurde durch den Anbau der Leitschrauben von 13,56 auf 14,04 Kn erhöht und gleichzeitig wurden 1,08 t Öl/Tag gespart. Auf diese Erfolge hin soll jetzt auch der Dampfer „Cap Norte“ als letztes der vier Schiffe während der nächsten Dockung mit Leitschrauben versehen werden.

Am zweiten Versammlungstage wurde über die mit Mitteln der Gesellschaft geförderten Sonderversuchsaufgaben berichtet. Unterwasseraufnahmen mit Hilfe einer Zeitlupe zeigten, daß die Unzuverlässigkeit bei den Aufnahmen noch zu groß ist, als daß die Anschaffung einer kostspieligen Zeitlupe geboten wäre. Weiter wurden Versuche über die Ableitung der Bugwellen durch Formgebung der Bugform über und unter Wasser angestellt. Diese Versuche sind noch nicht abgeschlossen. Die Versuche über den Reibungswiderstand größerer Schiffe und den Einfluß der Schiffsbewegung auf den Widerstand bei schwerem Wetter und Seegang haben zu der Überzeugung geführt, daß es wünschenswert wäre, daß die Anstalt eine Einrichtung zur Erzeugung von Wellen erhält. Staatsrat Dr. Buehl, Hamburg, stellte die Unterstützung des Hamburgischen Staates in Aussicht, da die Anlage ziemlich teuer ist.

In seinem Bericht empfahl Dr. Foerster weiter, vor allem Schiffsformen für Schiffe von etwa 30 000 B.-R.-T. Raumgehalt und 21 bis 22 Kn Geschwindigkeit zu erforschen, da derartigen Schiffen die Zukunft gehören dürfte, während Reisende, die auf große Schnelligkeit Wert legen, sich in Zukunft des Flugzeuges oder Luftschiffes bedienen werden. Die für die Anschaffung des Wellenapparates und die Durchführung von Versuchen beantragten Mittel wurden von der Versammlung bewilligt, doch soll sich die Versuchskommission nochmals eingehend mit dem Versuchsplan beschäftigen, ehe sie ihn endgültig genehmigt.

[N 2406] C.

Lichttechnik

Gute Beleuchtung von Arbeitsplätzen

Wie ein Arbeitsplatz, sei es in Werkstätten oder in Geschäftsräumen, beleuchtet sein muß, um dem Arbeitenden Gelegenheit zu geben, seine Leistungen in einer für den Betrieb vorteilhaftesten Weise zu entwickeln, zeigt uns jeder vernünftige Arbeiter, dem wir Gelegenheit geben, sich seinen Arbeitsplatz hinsichtlich der daselbst vorhandenen Beleuchtung selbst auszusuchen oder einzurichten. Er wird zunächst einen Raum wählen, worin eine allgemeine freundliche Beleuchtung vorhanden ist, die zur Tätigkeit einladet. Ferner wird er aber, entsprechend seiner besonderen Arbeitsverrichtung, auf seinem Arbeitsplatz eine Sonderbeleuchtung beanspruchen, die ihm ein hinreichend bequemes, flottes Arbeiten ermöglicht.

Nach den Leitsätzen der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft soll die mittlere Beleuchtungsstärke der sogenannten Verkehrsbeleuchtung für Werkstät-

Abb. 9
Osram-Beleuchtungsmesser

Abb. 11
Beispiel einer Blendung erzeugenden Beleuchtung

Abb. 12
Beispiel einer vollkommen blendungsfreien Beleuchtung: die innerhalb des Winkels von 30° liegenden Lichtquellen sind von zweckmäßigen Reflektoren umgeben.

Abb. 10
Mittelbare Blendung infolge falscher Anordnung der Lampe

ten 5 bis 15 Lux betragen, d. h. es sollen 5 bis 15 Lumen[1]) auf 1 m² fallen. Dagegen ist die mittlere Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze, die Arbeitsbeleuchtung, weit höher veranschlagt, nämlich je nach der auszuführenden Arbeit (grob, fein usw.) zwischen 15 bis 250 Lux.

Mit dem neuen Osram-Beleuchtungsmesser, Abb. 9, kann leicht die an einer bestimmten Stelle vorhandene Beleuchtungsstärke festgestellt werden. Dieser Beleuchtungsmesser enthält in einem handlichen Kasten einen Spannungsmesser (links in Abb. 9) mit einer Skala bis 4 V, einem Regelwiderstand (in der Mitte), der durch einen Knopf betätigt werden kann, und die eigentliche Meßvorrichtung mit einem Meßfenster (rechts) und dem Ablesefenster (rechts vorn). Die Bauart der Vorrichtung beruht auf dem Grundsatz des Bunsen-Fettfleckphotometers, wobei ein Fettfleck auf undurchsichtigem weißem Papier für das Auge verschwindet, sobald das Papier von beiden Seiten gleich stark belichtet wird. Das Meßfenster besteht aus einer Kartonscheibe, die in der Mitte einen kreisförmigen Ausschnitt hat, der (statt des Fettflecks) mit einem durchscheinenden Seidenpapier bedeckt ist. Eine im Innern angebrachte Vergleichlampe beleuchtet dieses Papier von der Rückseite, das zu messende Licht beleuchtet es von der Vorderseite. Die innere Beleuchtungsstärke läßt sich verstellen, bis der Helligkeitsunterschied zwischen dem Innern und dem Umfang des Meßfensters verschwindet. Die im Ablesefenster abzulesende Zahl gibt dann unmittelbar die Beleuchtungsstärke in Lux an.

Niemals darf das Licht einer Lichtquelle von zu hoher Leuchtdichte ins Auge einfallen, und zwar weder unmittelbar, noch durch Spiegelung an blanken Flächen. In solchen Fällen wird das Auge geblendet, so daß es nicht imstande ist, dauernd auf die Arbeit zu blicken. Es dürfen daher zur Beleuchtung der Arbeitsplätze niemals nackte Lampen benutzt werden. Die neuzeitliche Lichttechnik kennt hinreichend Mittel, die hier eine Blendung der Augen verhindern. Man kann die nackten Lampen in diffus streuende Hüllen einschließen oder noch zweckmäßiger sie völlig vom Auge abschließen und das Licht nur durch Reflektoren auf den Arbeitsplatz werfen, ähnlich wie bei den Soffitten-Lampen eines Theaters, die bei richtiger Anordnung den Zuschauern völlig verborgen bleiben. Aber selbst wenn kein unmittelbares Licht der Platzlampen das Auge trifft, kann, Abb. 10, durch falsche Anordnung der Lampe eine mittelbare Blendung stattfinden, die von Fall zu Fall festzustellen und zu beseitigen ist.

Um ein Blenden durch die Verkehrs- oder Allgemein-Beleuchtung zu vermeiden, gilt die Vorschrift, daß eine Leuchtdichte bis 5 Hefnerkerzen auf 1 cm² noch erlaubt

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 811. — Lichtstrom (Lm) = Lichtmenge (Lm h)/Zeit (h) = mittlere räumliche Lichtstärke (HK○) × Raumwinkel; $\Phi = Q/T = J_○\,\omega$ (HK○ 4 π). Beleuchtungsstärke (Lx) = Lichtstrom (Lm)/Fläche (m²); $E = \Phi/F$ (Lm/m²).

Abb. 13. Gänzliche Schattenlosigkeit macht das Erkennen der Körper unmöglich.

Abb. 14
Schatten lassen die Körper erkennen.

st und auch noch mehr, wenn der von der wagerechten ehrichtung und den Lichtstrahlen gebildete Winkel größer ls 30° ist. Abb. 11 zeigt eine schlechte Beleuchtung bei leinem Einfallwinkel, Abb. 12 eine gute Beleuchtung mit iefstrahlern.

Außerdem ist noch durch die Beleuchtung eine der lewöhnung entsprechende Verteilung von Licht und Schaten zu gewährleisten. Wir sind gewöhnt, daß unser Platz m Schreibtisch von links und außerdem von vorn her icht empfängt. Es würde uns sehr sonderbar vorkommen, venn unser Arbeitsplatz plötzlich schattenfrei oder von rückwärts beleuchtet wäre. In noch höherem Maße gilt dies für den Arbeiter in den Werkstätten. Abb. 13 zeigt, daß das vollkommene Fehlen jedes Schattens ein Erkennen der Körper überhaupt nicht gestattet, und zwar von Körpern, die bei der uns vertrauten Beleuchtung den richtigen Eindruck, Abb. 14, machen. Dieser Eindruck ist auch bei Geweben, ja selbst bei Papier und Stoff aller Art vorhanden, die aus falscher Richtung beleuchtet, ein durchaus ungewohntes Aussehen annehmen und den Arbeiter beunruhigen, die Arbeitslust und die Arbeitsleistung vermindern. [M 2216] —z.

Kleine Mitteilungen

Corson-Legierungen

In den Vereinigten Staaten von Amerika sind Versuche durchgeführt worden, Kupfer mit verhältnismäßig geringem Siliziumgehalt, das weitgehend für Drahtleitungen in der Elektrotechnik verwendet wurde, durch Zusätze von Chrom, Eisen, Kobalt oder Nickel und anschließender Wärmebehandlung in bezug auf die Leitfähigkeit zu verbessern. Die Versuche mit diesen sogenannten „Corson-Legierungen" (91 bis 99,4 vH Kupfer) sollen Erfolg gehabt haben. Die Legierungen können auch ohne weiteres nach dem Mannesmann- oder ähnlichen Verfahren zu Rohren verwalzt werden. In gezogener oder gepreßter Form werden sie mit Erfolg in der chemischen Industrie benutzt. Ferner wurde der Einfluß des Siliziums auf Silber und Gold festgestellt. Das Silizium soll in diesen beiden Fällen ähnlich günstige Veredelungen hervorrufen können wie beim Aluminium; im Gegensatz hierzu stehen Anschauungen von deutschen Forschern, die dem Silizium diesen Einfluß auf Silber absprechen. Aus weiteren Ausführungen über Silizium-Aluminium-Legierungen geht hervor, daß die Amerikaner das Lautal in etwas abgeänderter Form unter dem Namen Legierung Nr. 25 S verwenden, das Aludur unter der Bezeichnung 51 S. („Iron Age" 10. Februar 1927 S. 421)
[N 204 a] Wf.

Ölverbrauch in den Vereinigten Staaten von Amerika

In den Vereinigten Staaten wurde im Jahre 1925 die Hälfte der in den Handel gebrachten Ölmenge, rd. 730 Mill. Hektoliter, von der Industrie verbraucht. Die Betriebe der warenerzeugenden Industrie verbrauchten rd. 217 Mill. hl, die Gaswerke rd. 41 Mill. hl, die Kraftwerke rd. 19 Mill. hl, die Ölraffinerien rd. 87 Mill. hl. Weitere Großverbraucher sind die Eisenbahnindustrie mit 108 Mill. hl, die Schifffahrt mit rd. 144 Mill. hl, die Kriegsmarine mit rd. 11,5 Mill. hl, die Wohnungsheizungen mit 33,5 Mill. hl. Ausgeführt wurden rd. 68,5 Mill. hl. Innerhalb der warenerzeugenden Industrie mit 217 Mill. hl Ölverbrauch war der Hauptabnehmer die Eisen- und Stahlindustrie mit 36,5 Mill. hl. Es folgen die Gießereien mit rd. 13,2 Mill. hl, die Wagenfabriken mit rd. 13 Mill. hl, die Hüttenwerke mit rd. 10,8 Mill. hl, die Zuckerfabriken mit rd. 9,5 Mill. hl, die Papierfabriken mit rd. 9,1 Mill. hl, die Schlächtereien und Konservenfabriken mit rd. 9 Mill. hl, die Zementindustrie mit rd. 8,7 Mill. hl, die Eisenerzeugung mit rd. 8,2 Mill. hl, die Ziegeleien mit rd. 6,5 Mill. hl, die Motorwagenfabriken mit rd. 6,5 Mill. hl, der Schiffbau mit 5,7 Mill. hl; der Rest verteilt sich auf die übrigen Industriezweige. („The Iron Age" 10. Februar 1927 S. 446*)
[N 204 b] Gw.

Südafrikanischer Bergbau 1926

1926 bezifferte sich der gesamte Erzeugungswert des südafrikanischen Bergbaues auf rd. 1190 Mill. ℳ (RM) gegenüber rd. 1110 Mill. ℳ im Vorjahre. Diese Steigerung ist hauptsächlich auf die reiche Ausbeute an Gold und Diamanten zurückzuführen. Der englische Kohlenstreik bedeutete außerdem für die südafrikanische Kohlenförderung rd. 4 Mill. ℳ Mehrgewinn. Die Platingewinnung wird zum ersten Male mit mehr als 2 Mill. ℳ Ertrag festgestellt. Zinn und einige andre Mineralien zeigten geringen Zuwachs, Kupfer, Silber und Osmiridium dagegen einen gewissen Rückgang.

Alle Anzeichen sprechen dafür, daß das Jahr 1927 ein weiteres Anwachsen des südafrikanischen Bergbauertrages bringen wird. Man schätzt den Jahresertrag auf mehr als rd. 1200 Mill. ℳ. Einen großen Anteil an der kommenden Entwicklung haben die Verschmelzungen verschiedener Betriebe. Vor allem verspricht man sich eine reiche Ausbeute des Migel-Heidelberg-Gebietes. Auch technische Neuerungen und vereinfachte Arbeitsverfahren beim Abbau der Erze werden dazu beitragen, den Bergbau wirtschaftlicher zu gestalten. Vor allem laufen die Bestrebungen darauf hinaus, die Zahl der im Bergbau tätigen Eingeborenen zu verringern, damit auch in den Zeiten, wo diese Eingeborenen zu landwirtschaftlichen Arbeiten gebraucht werden, der Bergbau voll betrieben werden kann. („The Engineer" 18. Februar 1927 S. 179)
[N 204 c] Krs.

Brennstoffanlage für Ölmaschinen

Die Firma Ruston & Hornsby, Lincoln, baut seit einiger Zeit stehende kompressorlose Ölmaschinen, bei denen je drei Zylinder von einer einzigen Brennstoffpumpe versorgt werden. Die einfachwirkende Saugkolbenpumpe wird von der Steuerwelle aus über ein Vorgelege mittels eines Daumens angetrieben. Die zugehörige Rolle ist am Ende eines zweiarmigen Hebels befestigt und kann aus dem Bereich des Antriebdaumens entfernt werden, indem man den zweiten Arm des Hebels mittels eines andern Daumens niederdrückt. Dadurch wird die Pumpe abgestellt. Das geförderte Öl wird mittels eines Kolbenschiebers auf die Zylinder verteilt. Dieser Schieber, der mittels zweier Daumenscheiben ohne Spiel auf- und abwärts bewegt wird, ist ein voller Zylinder, der auf der einen Seite mittels einer Längsnut ständig mit einem von der Brennstoffpumpe gespeisten Kanal in Verbindung bleibt, während seine drei schrägen Querbohrungen auf der andern Seite nacheinander an die Brennstoffleitungen der Zylinder angeschlossen werden, wenn sich der Schieber bewegt. Für Motoren mit sechs Zylindern verwendet man zwei Brennstoffpumpen mit gemeinsamem Verteilschieber. („Engineering" 18. Februar 1927 S. 192*) [N 204 d] H.

Erfolgreicher Kraftwerkbetrieb

Über das am 1. Januar 1926 eröffnete Columbia-Kraftwerk (Cincinnati, Ohio) liegt jetzt der erste Jahresbericht vor. Er zeigt, daß die Wärmeausnutzung den höchsten Anforderungen entspricht, indem nämlich nur 3150 kcal/kWh im Brennstoff aufzuwenden waren. Das Werk arbeitet mit zwei von der General Electric Co. gelieferten Turbinen von je 45 000 kW Leistung. Der 14stufige Hochdruckläufer und der 12stufige Niederdruckläufer sitzen auf der gleichen Welle. Hinter der 24., 22. und 18. Stufe wird Dampf für Speisewasservorwärmung entnommen. Der Dampfdruck vor der Turbine beträgt rd. 42 at, die Dampftemperatur 388 °C. Zwischenüberhitzung zwischen HD- und ND-Turbine ist vorhanden. Der gute Wirkungsgrad erklärt sich zum Teil auch aus der Verwendung von Kohlenstaubfeuerungen unter den Kesseln. („Electrical World" 12. Februar 1927 S. 341)
[N 204 e] C. B.

Neuzeitliches Hüttenkraftwerk

Die Inland-Steel Co., Indiana Harbor, nutzt die Abgase ihrer Hochöfen in einem Kraftwerk aus, das nicht nur Strom, sondern auch Gebläsewind erzeugt. Das Bemerkenswerteste an dieser Anlage ist, daß durch Verwendung von Gas oder nötigenfalls Rohöl als Brennstoff für die Dampfkessel und durch Speisung der Kessel ausschließlich mit destilliertem Wasser ein sehr ungestörter Betrieb der Dampferzeugung ermöglicht wird. Die Steilrohrkessel, von denen vier je rd. 1400 und zwei je rd. 1100 m² Heizfläche haben, waren ununterbrochen sechs Monate im Betrieb, bevor sie zur inneren Besichtigung abgestellt wurden. Die Betriebspause dauerte, da nur geringe Ausbesserungen am Mauerwerk notwendig sind, drei bis vier Tage, wovon der größte Teil auf das Abkühlen der Kessel vor dem Befahren entfiel. In der Maschinenhalle sind drei Turbodynamos von je 12 500 kVA für Kondensationsbetrieb und fünf Dampfturbogebläse von je 1400 m³/min Luftleistung bei 2 at Gegendruck, gleichfalls mit Kondensationsbetrieb, aufgestellt. Bei voller Belastung verbrauchen die Gebläse je etwa 7000 PS. („Power" 8. Februar 1927 S. 194*)
[N 204 f] H.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Die Wasserbaulaboratorien Europas. Entwicklung, Aufgaben, Ziele. Herausgeg. von G. de Thierry und C. Matschoß. Berlin 1926, VDI-Verlag G. m. b. H. 431 S. m. 512 Abb. Preis 50 ℳ.

Nach dem von C. Matschoß geschriebenen Vorwort verdankt das vorliegende Buch sein Entstehen einer Anregung des bedeutenden amerikanischen Wasserbauingenieurs John R. Freeman, der nach einer Studienreise in Europa den brennenden Wunsch empfand, seinem Vaterlande und der Welt Kunde zu geben von den gewaltigen Fortschritten, die, besonders in Deutschland, während der letzten zehn bis zwanzig Jahre in der Ausgestaltung und praktischen Anwendung des hydraulischen Modellversuchs erzielt worden sind. Freeman erwartete, wie er in seiner Einleitung des Buches ausführt, von der Herausgabe einer vollzähligen Sammlung von Einzelberichten berufener Fachleute über Anlage, Einrichtung, Betrieb und praktische Leistungen der unter geistiger Führung Deutschlands geschaffenen und geleiteten Versuchsanstalten eine wesentliche Förderung der Wissenschaft und Technik der Wasserwirtschaft auf der ganzen Welt. Zugleich leitete ihn der Wunsch, seiner Heimat die Anregung zur Schaffung ähnlich leistungsfähiger Anstalten zu geben. Eine aufmerksame Durchsicht des in einmütigem Zusammenarbeiten der zahlreichen Verfasser mit den Herausgebern entstandenen, vom Verlag in der gewohnten Art ausgestatteten Werkes zeigt, daß diesem Wunsche Freemans hier in denkbar vollkommenster Weise vorgearbeitet worden ist.

Die selbstlose Mitteilungsbereitschaft der vielbeschäftigten Leiter von vierzehn Versuchsanstalten, die hier, soweit es die Knappheit des gesteckten Rahmens zuließ, in alle Einzelheiten der Anlage und des Betriebes ihrer Arbeitstätten Einblick gewähren und rückhaltlos ihre in langjähriger Versuchstätigkeit gewonnenen Erfahrungen zum Nutzen der Allgemeinheit bekanntgeben, muß im höchsten Maß und in vielen Richtungen befruchtend wirken. Neben dem unmittelbaren Nutzen für das wasserbauliche Versuchswesen, der aus dem Austausch der Erfahrungen und deren Nutzbarmachung bei Gründung neuer Anlagen entspringen muß, darf man diesen Nutzen vor allem darin erblicken, daß hier in überwältigender Fülle und zugänglicher Form Urkunden zusammengetragen sind, die auch den Zweifelsüchtigen von dem wissenschaftlich und praktisch-wirtschaftlich bedeutenden Nutzen wasserbaulicher Versuche am Kleinmodell und von deren Überlegenheit über das volkswirtschaftlich nicht mehr zu verantwortende „Experiment im großen“ (am ausgeführten, nicht mehr zu ändernden Bauwerk) überzeugen müssen.

Hierfür gibt das Buch an verschiedenenen Stellen (insbesondere: S. 43 ff., 48, 183, 196, 298 ff., 421) zahlenmäßige, einwandfreie und schlagkräftige Belege. Daneben bietet es in seinem reichen Stoff nicht nur dem tätigen Ingenieur, sondern auch dem reiferen, schon vorgebildeten und selbständig denkenden Studierenden fast unerschöpfliche Möglichkeiten der Belehrung und Anregung. Hierzu tragen besonders die allgemeinen Kapitel von Freeman, Engels, Winkel und das Schlußkapitel von G. de Thierry bei. Diese Abschnitte bilden mit ihrem geschichtlichen Inhalt und der kritischen Behandlung des wichtigen Modellähnlichkeitsgesetzes einen verheißungsvollen Ansatz zu einem Lehrbuch der praktischen Versuchshydraulik, worin auch die Technik des hydraulischen Modellversuchs zusammengefaßt sein wird; hierfür finden sich schon in den hier vorliegenden Einzelberichten verstreut viele wertvolle Hinweise.

Bei dem Reichtum und der Tiefe des Gebotenen ist es nicht möglich und auch nicht am Platze, auf Einzelheiten der Abhandlungen und Teilberichte einzugehen, die viele bisher nicht veröffentlichte Versuchsergebnisse enthalten.

Wenn in den Einzelpunkten gelegentlich Widerspruch des Lesers oder der Verfasser untereinander rege wird, so ist das bei der vergleichsweise geringen Entwicklung der Hydraulik und der Jugend des neueren, seit 1898 (Engels, Dresden) zu rechnenden hydraulischen Versuchswesens nur natürlich; das kann daher die stark anregende Wirkung des Buches nur steigern.

Alles in allem ein ungemein wertvolles Werk, das weite Kreise zum vielseitigen Nutzen einsehen oder studieren werden und für das die wasserwirtschaftlich interessierte Welt den Herausgebern und Verfassern großen Dank schuldet. [E 61] A. Ludin

Feuchtigkeitsmessung. Von Hermann Bongards. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 322 S. m. 126 Abb. Preis 19 ℳ.

Nachdem man in der Technik erkannt hatte, wie wichtig das Messen im Betrieb ist, hat man fast überall Geräte zur Beobachtung von Temperatur, Druck, Abgasmengen usw. eingeführt. In der letzten Zeit macht sich in einzelnen Zweigen der Industrie der Wunsch geltend, auch die Feuchtigkeit überwachen zu können. Für dieses Gebiet aber gab es in der neueren Literatur kein Buch, das die in vielen Sonderzeitschriften erschienenen Angaben zusammenfaßte.

Diese Lücke füllt das vorliegende Buch aus. Es beschreibt in übersichtlicher und gefälliger Form nach einer Einführung, die mit den Grundbegriffen und den betreffenden Gebieten der Physik vertraut macht, die in Fülle vorhandenen Geräte. Dabei hat der Verfasser nicht nur die neueren, sondern auch ältere Geräte aufgenommen, die durch ihre Eigenart dem Konstrukteur Anregung geben können. So kann das Buch den Betriebsleiter über die Vorgänge und die Geräte für die Feuchtigkeitsmessungen aufklären, dem Konstrukteur aber einen Überblick über die Mannigfaltigkeit der bereits vorhandenen Bauarten geben. Der Schriftennachweis am Schluß enthält eine gute Übersicht über die im Schrifttum sehr zerstreuten Abhandlungen. [E 2727] H. Ebert

Beiträge zur Theorie des Segelns. Von H. Croseck. Berlin 1926, Julius Springer. 69 S. m. 58 Abb. Preis 4,80 ℳ.

Bei der Betrachtung technischer Entwicklungen nimmt man oft wahr, daß neue physikalische Erkenntnisse sich im Laufe der Zeit zu Verbesserungen und Erfindungen auf scheinbar ganz fern liegenden Gebieten auswirken. So hat der Versuch von Magnus über den Auftrieb umlaufender Zylinder erst nach 70 Jahren zur Flettner-Walze, so hat die Beschäftigung mit den Lehren der modernen Aeromechanik zu neuen Erkenntnissen auf dem uralten, festgefügten, aber auch durch die seemännische Tradition fast ganz erstarrten Gebiet des Segelns geführt.

Das vorliegende Büchlein läßt uns einen Blick in solches Neuland tun; es schildert anschaulich und sehr anregend, wie man zwar auch bisher stets danach gestrebt habe, den „Fetzen Leinwand oben am Maste“ technisch zu verbessern, daß man aber niemals versucht hat, die aerodynamische Seite des Problems zu lösen und tiefer einzudringen in das Spiel der Luftkräfte[1]).

Der Verfasser macht hier einen Anfang und gibt die Gedanken, die wohl zuerst von Prandtl und Flettner angeregt wurden, in geschlossener Form anschaulich wieder. Er streift die bisherige stellenweise unrichtige Theorie des Segelns und stellt ihr eine neue rationelle, auf aerodynamischer Forschung beruhende gegenüber. Ihre Ergebnisse erfahren dann für die Theorie des Segelns eine wichtige und sehr zweckmäßige Ergänzung durch das „Kurseck“ des Verfassers, das nicht nur einen guten Überblick über die Eignung eines bestimmten Segels gibt, sondern auch jeweils die beste Segelstellung finden läßt.

In den ersten Abschnitten werden die aerodynamischen Grundlagen nach den bekannten Göttinger Versuchen eingehend erörtert; es folgen dann besondre Versuche von Prandtl und vom Verfasser (im Auftrage der Flettner-Gesellschaft) mit Modellsegeln verschiedener Art zu dem Zweck, eine neue und günstigere Segelform zu finden. Sie haben zum Teil recht bemerkenswerte Ergebnisse gezeitigt, die je nachdem es sich um die Fahrt „am Winde“ oder auf raumeren Kursen handelt, schon bei den jetzt bekannten Segelsystemen zu neuer Gestalt und Anordnung führen.

Recht wertvoll sind auch die Rechnungen und Zahlenangaben über Takelagewiderstand. Zum Schluß wird auch in Diagrammform auf eine Anzahl von Verbesserungsvorschlägen hingewiesen, die die große Überlegenheit aerodynamisch richtiger Tragflügelquerschnitte gegenüber dem alten Segel beweisen. Zu einer praktischen Ausgestaltung dieser Vorschläge ist es vorläufig nicht gekommen, weil zunächst das überwiegende Interesse dem weit wirksameren Rotorantrieb gehörte.

Das Buch bedeutet noch keinen Abschluß, vielmehr erst den Anfang einer neuen, vielleicht sehr bedeutsamen Entwicklung einer besondern Anwendung der Aeromechanik und verdient daher ernste Beachtung des Schiffbauers und des Aerodynamikers. [E 2726] A. Pröll

[1]) Vergl. a. P. Wagner, Strömungsenergie und mechanische Arbeit, Berlin 1914.

Die Windkraft in Theorie und Praxis. Von K. Bilau. Berlin 1927, Paul Parey. 157 S. m. 98 Abb. Preis 8,50 ℳ.

Der als Konstrukteur des sogenannten Ventimotors bekannte Verfasser geht im vorliegenden Werke zunächst auf die verschiedenen Energiequellen kurz ein und behandelt dann die Windmessungen, ihre Ergebnisse und die verschiedenen Verfahren zur Ausnutzung der Windkraft. Schließlich werden die erreichten Leistungen kritisch betrachtet. Dabei wird auf die Bedeutung wissenschaftlicher Forschungsverfahren hingewiesen. Das Werk kann denen zur Anschaffung empfohlen werden, die die Ausnutzung der Windkraft erwägen. [E 5] W. Schm.

Warenkunde und Industrielehre. Von E. Rüst. 1. T.: Werkstoffe. Zürich und Leipzig 1926, Rascher & Cie. 122 S. m. 137 Abb. Preis 4,95 ℳ.

Der Band „Werkstoffe" gehört zu dem bereits 1920 herausgegebenen Buche „Warenkunde" neben den Bänden „Nahrungs- und Genußmittel" und „Textilwaren und Papier".

Ein Buch über Werkstoffe kann bei dem angegebenen Umfang nicht vollständig sein. Die Auswahl der Stoffe ist durch die Bestimmung des Buches als Hilfsmittel für den Unterricht gegeben. Man vermißt allerdings die natürlichen Gesteine, die man neben dem Holz zu den wichtigsten Waren rechnen muß, und die hydraulischen Bindemittel, die in Zementwaren, Beton und Kunststeinen so vielseitig verwendet werden.

Der Stoff ist nach unorganischen und organischen Waren eingeteilt. Innerhalb der einzelnen Stoffgebiete sind die Darlegungen einheitlich nach Rohstoffen, Erzeugung, Verarbeitung und Verwendung geordnet, so daß der Zweck, zur Einführung in die Fachgebiete zu dienen, erfüllt wird. Statistische Angaben über Mengen und Preise werden dem Kaufmann, dem Gewerbetreibenden, dem Arbeiter und den Verbrauchern wertvoll sein.

Die Zahlenwerte sind sorgfältig ausgewählt. Einige Angaben über Normen, Prüfverfahren usw. bedürfen der Ergänzung. Die Abbildungen sind durchaus anschaulich. Zu begrüßen ist, daß für die wichtigen Waren und Maschinen die im Welthandel gebräuchlichen englischen und französischen Bezeichnungen angegeben sind. [E 15] De.

Vom wirtschaftlichen Geiste in der Technik. Von Robert Haas. Berlin 1927, VDI-Verlag. 62 S. Preis 1,40 ℳ.

Ein Büchlein, nur 60 Seiten stark, aber jahrzehntelange Erfahrungen eines Technikers umfassend, der, selbst ein Wirtschafter, wieder nachdrücklich darauf hinweist, daß die Technik heute der Wirtschaft dient. Es ist der deutschen technischen Jugend gewidmet und liest sich so, als wenn ein besorgter Vater seinem Sohn recht Wertvolles mit auf den Weg geben will. Trotzdem sollte es auch der fertige Ingenieur und der in der Technik stehende Kaufmann lesen. Wir klagen schon immer über die oft fehlende wirtschaftliche Ader beim Techniker, über den mangelnden Nachwuchs für leitende Stellen und haben schon reichlich an den bekannten Fehlerquellen herumkritisiert. Der Verfasser begnügt sich aber gar nicht damit, sondern schildert eindringlich auf Grund einer Lebenserfahrung die Zusammenhänge zwischen Technik und Wirtschaft und gibt eine ganze Anzahl von wertvollen und praktischen Ratschlägen, wie ein Techniker wirtschaftlich denken lernen kann. Es ist eine verdienstvolle Tat des Verfassers, daß er das immerwährende Thema in herzerfrischender Offenheit, in kurzer, scharf umrissener Rede und in einem bewundernswert flüssigen und klaren Stil uns auf den Tisch legt.

Ich wünsche im Interesse der Unternehmungen und der darin Schaffenden dem Buche eine weite Verbreitung und daß es vielen so gehen wird wie mir, der das Buch in dankbarer Freude in einem Zuge durchgelesen hat.

[E 88] Max Berthold

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Herausgeg. von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften". 4. u. 5. Bd. Berlin 1926, Julius Springer. 329 S. m. 103 Abb. Preis 22,50 ℳ.

Schon wiederholt[1]) ist an dieser Stelle auf diese Sammlung naturwissenschaftlicher Forschungsberichte hingewiesen worden, die den Leser in die augenblicklich schwebenden Fragen der exakten Wissenschaften einführen und aus diesem Grund ein besonders lebendiges Bild von der Entwicklung der Wissenschaft vermitteln. Sie tun es etwa in der Sprache der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften", stellen also nur geringe Anforderungen vor allem an mathematische Vorkenntnisse, unterscheiden sich aber von allen „populären" Darstellungen durch ihre strenge Wissenschaftlichkeit, die beim Leser den Wunsch nach mehr als unterhaltender Lektüre voraussetzt.

Aus der Fülle astronomischer, geophysikalischer, mehr theoretisch und mehr technisch-physikalischer Berichte, die in den vorliegenden zwei Bänden enthalten sind, seien einige herausgegriffen: Ein Aufsatz über die kleinen Planeten erzählt von der unendlich mühsamen Observatorium- und Rechenarbeit der Astronomen, des Astronomischen Recheninstituts Berlin, des Frankfurter Planeteninstituts. Die über tausend dem Laien meist unbekannten Himmelskörper sind die besten Beispiele und Prüfsteine für unsere Himmelsmechanik und stellen interessante Fragen zur Geschichte unseres Sonnensystems.

Eine geophysikalische Arbeit berichtet, wie man aus Triangulationen und Schweremessungen langsam die Gestalt unserer Erd„kugel" gewinnt, wie die massigen Gebirge einerseits, die spezifisch leichten Meere anderseits Lotabweichungen hervorrufen und die Messungen an verschiedenen Orten nur durch die Annahmen untermeerischer Gebirgszüge erklärt werden können. A. Wegener berichtet über die Fortschritte der dynamischen Meteorologie, die in den letzten Jahren viele Einzelheiten unsres Klimas durch ein wechselndes Hereinspülen der kalten „Polarfront" verständlich gemacht hat.

Von astronomischer Seite stammt ferner eine Betrachtung über den empirischen Zeitbegriff; ohne an die eigentlich philosophischen Fragen zu rühren, schildert sie die ungemein großen Schwierigkeiten, die sich der Festlegung einer Normaluhr für den Astronomen entgegenstellen. In die atomistische Physik lassen andre Aufsätze hineinschauen: über Atomzertrümmerung und willkürliche Elementumwandlung der eine; über den Comptoneffekt, die „Hochburg der Lichtquantentheorie" und deren Verhältnis zur Wellentheorie des Lichts ein zweiter, über die Gittertheorie der Kristalle ein dritter. Schließlich seien Beiträge mehr technischer Richtung erwähnt, die von verschiedenen Seiten die Probleme der Entladungsröhren besprechen, und andre Berichte chemisch-physikalischen Inhaltes. [E 11] E. Fues

Die Asynchronmotoren und ihre Berechnung. Von E. Rummel. Berlin 1926, Julius Springer. 108 S. m. 39 Abb. u. 2 Taf. Preis 6,30 ℳ.

Kurze Behandlung der Theorie und Ableitung der Bemessungsformeln aus einfachen Grundgleichungen. Es sind zwei Zahlentafeln aufgestellt, aus denen die Hauptabmessungen unmittelbar abgelesen werden können. Sechs Berechnungsbeispiele verschiedener Motoren, insbesondere Asynchron-Dreiphasen-Motoren. Einige gute Zeichnungen von praktischen Ausführungen.

Die Verwertung von Erfindungen. Von R. Worms. Neu herausg. von Gustav Rauter. 4. völlig umgearb. Aufl. Halle a. d. S. 1926, Carl Marhold. 114 S. Preis 4 ℳ.

Aufgabe der vorliegenden Schrift ist, Winke darüber zu geben, ob und wann eine Erfindung wirtschaftlich verwertbar ist, und in welcher Weise Erfinder und Gewerbetreibende sich am besten über die Ausbeutung einer Erfindung einigen können. Der Kauf einer Erfindung ist immer ein Hoffnungskauf, bei dem jeder der beiden Teile bestrebt ist, dem andern einen möglichst großen Teil der hierin liegenden Gefahr zuzuschieben.

Geschäftskunst. Von Paul Bartholomay. 2. Aufl. Stuttgart 1926, C. E. Poeschel. 211 S. m. versch. Abb. Preis 10,50 ℳ.

Geschäftskunst ist die Kunst der Geschäftsentfaltung weniger im Sinne einer Fertigkeit als im künstlerischen Sinne. Die werbende Dienstleistung gehört zu den wertvollsten Bestandteilen neuzeitlicher Geschäftsführung. Unter Geschäftskunst werden daher die Gebilde der durch werbegesetzliche Formgebung zustande gekommenen wirtschaftlichen Dienstleistungen zusammengefaßt. Das Streben nach der werbegesetzlichen Form hat ähnliche seelische Wirkungen wie jedes künstlerisch geschlossene Werk, indem es nicht nur den Sinn für die Form, sondern überhaupt für geschäftliche Dinge und Zusammenhänge schärft, ferner organische Beziehungen weckt und damit neue Vorstellungen und Gedankengänge erzeugt.

Psychologie der Reklame. Von Ch. von Hartungen. Stuttgart 1926, C. E. Poeschel. 352 S. m. versch. Abb. Preis 13,50 ℳ.

Die „Psychologie der Reklame" hat die Aufgabe, die Vorgänge in der menschlichen Seele zu erklären, zu beschreiben und zu analysieren, die sich vom Zeitpunkt der Einwirkung einer Reklame bis zum Erwerb des Gegenstandes, dem sie galt, abspielen. Die Bearbeitung des Stoffes ergibt Schwierigkeiten, weil der Begriff „Reklame" kaum eindeutig umschrieben werden kann und gerade in Deutschland vielfach die Neigung besteht, die Worte Reklame und Reklamewesen durch Werbewesen zu verdeutschen. Reklamemachen und Werben sind aber nicht identisch. Das Buch bringt außer allgemeinen Bemerkungen über angewandte Psychologie die verschiedenen Mittel

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 860.

der Reklame mit Berücksichtigung ihrer Wirkung auf die menschliche Seele, wobei die Wirkung des geschriebenen Wortes und des Gegenstandes selbst getrennt behandelt werden.

Monographien zur Feuerungstechnik, 9. Bd.: **Die Luftvorwärmung im Dampfkesselbetrieb.** Von Wilh. Gumz. Leipzig 1927, Otto Spamer. 179 S. m. 89 Abb. Preis 12 ℳ.

Feuerfeste Baustoffe für Kammern der Kokerei- u. Gaswerksöfen. Von L. Litinsky. Halle a. d. S. 1926, Wilhelm Knapp. 49 S. m. 15 Abb.

Über die Wahl eines Gaswerksofensystems. Von L. Litinsky. Halle a. d. S. 1926, Wilhelm Knapp. 29 S. m. 9 Abb.

Taschenbuch für Hütten- u. Gießereileute. 1927. Von Hubert Hermanns. 2. Jg. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 392 S. m. 171 Abb. Preis 7,20 ℳ.

Taschenbuch für Gasanstalten, Kokereien, Schwelereien und Teerdestillationen 1927. Von H. Winter. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 496 S. m. 101 Abb. Preis 7,20 ℳ.

Taschenbuch für Brennstoffwirtschaft und Feuerungstechnik 1927. Von Hubert Hermanns. 2. Jg. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 287 S. m. 137 Abb. Preis 6,50 ℳ.

Sechs Rechentafeln und zwei Netztafeln für den Hebezeugbau. Bearb. von P. Leybold. Ulm a. d. D. und Geislingen-Stg. 1926, Normen-, Berechnungs- u. Werbemittel-(NBW)-Verlag.

Statistik für das Jahr 1925. Herausg. von der Vereinigung der Elektrizitätswerke, E. V. Berlin 1926, Selbstverlag. 528 S. m. 1 Landkarte. Preis 40 ℳ.

Der elektrische Unfall. Von Stefan Jellinek. 2. verm. Aufl. Leipzig u. Wien 1927, Franz Deuticke. 170 S. m. 49 Abb. Preis 7,20 ℳ.

Isolationsmessung und Fehlerortsbestimmung in elektrischen Starkstromanlagen. Von Karl Wilh. Kögler. 4. Aufl. des von Paul Stern herausg. gleichnamigen Buches. Leipzig 1926, Max Jänecke. 132 S. m. 100 Abb. Preis 4,65 ℳ.

Hilfsbuch für Elektropraktiker. Begr. von H. Wietz u. C. Erfurth. Neubearb. v. H. Krieger u. B. Königsmann. 1. T. 28. verb. Aufl. Leipzig 1926, Hachmeister & Thal. 323 S. m. 306 Abb. Preis 3 ℳ.

Elektrische Zündung, Licht und Anlasser der Kraftfahrzeuge. Von E. Seiler. Halle a. d. S. 1926. Wilhelm Knapp. 169 S. m. 232 Abb. Preis 8,80 ℳ.

Einführung in die Technik des Kraftfahrwesens. Von Erich Stahl. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg, 101 S. m. 109 Abb. Preis 2,80 ℳ.

Autotechnische Bibliothek, 46. Bd.: **Die magnetelektrischen Zündapparate für Explosionsmotoren.** Von Ernst G. Schimek. 3. erg. Aufl. Berlin 1927, Richard Carl Schmidt & Co. 230 S. m. 113 Abb. Preis 3 ℳ.

Festschrift zum 25jährigen Bestehen des Reichsverbandes der Automobilindustrie, E. V. 1901 bis 1926. Berlin 1926, Reichsverband d. Automobilindustrie. 215 S. m. 87 Abb. Preis 25 ℳ.

O.N.S. Oberste Nationale Sportkommission: **Nationales und internationales Automobil-Sportreglement.** Gültig ab 1. Januar 1927. Berlin 1927, O. N. S. 129 S. Preis 1 ℳ.

Mechanische Weberei. Von Karl Mikolaschek. Neubearb. von Christian Marschik. 5. Aufl. 1. Abt.: Die Vorbereitungsmaschinen. Wien und Leipzig 1927, Franz Deuticke. 128 S. m. 112 Abb. Preis 4 ℳ.

Moderne kaufmännische Bibliothek: **Betriebswirtschaftliche Rechnungsführung.** Von E. Teich. Leipzig 1926, E. Haberland. 107 S. Preis 4 ℳ.

Arbeitszeit, Arbeitslohn und Arbeitsleistung in der Suhler Luxuswaffen-Industrie vor, während und nach dem Kriege. Von W. Brunnckow. (Dissertation.) Neubrandenburg 1926, Gustav Feller. 119 S.

Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft. **Güter-Verkehrsbuch.** Auswahl schnellster Güterzugverbindungen f. d. Wagenladungs-Fernverkehr. Ausg. v. 3. Oktober 1926. Berlin 1926, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 698 S. Preis 3 ℳ.

Deutscher Reichsbahn-Kalender 1927. Herausg. von Hans Baumann. Leipzig 1927, Konkordia-Verlag. Preis 4 ℳ. Abreißkalender.

7. Verwaltungsbericht über das gewerbliche Schulwesen und die Gewerbeförderung in Preußen. Erst. vom Ministerium für Handel u. Gewerbe. 1926. Berlin 1926, Carl Heymann. 454 S. Preis 18 ℳ.

Das Arbeitsfeld der Mannheimer Milchzentrale A.-G. in Mannheim. Herausg. Hans Ludw. Schmitt. 178 S. m. zahlr. Abb.

Der praktische Maschinenzeichner. Von W. Apel u. A. Fröhlich. 2. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 51 S. m. 117 Abb. Preis 2,25 ℳ.

Moderne kaufmännische Bibliothek: **Übersee-Export.** Von Emil L. Jordan. Leipzig 1926, E. Haberland. 176 S. m. versch. Abb. Preis 5 ℳ.

Moderne kaufmännische Bibliothek: **Welthandel u. deutsche Einfuhr.** Von J. Kähler. Leipzig 1926, E. Haberland. 461 S. Preis 12 ℳ.

Kali-Kalender 1927. 2. Jg. Bearb. v. C. Hermann. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 195 S. m. zahlr. Abb. Preis 5,20 ℳ.

Metallhüttenwerke Schaefer & Schael, A.-G. 1901 bis 1926. Denkschrift. Herausgeg. anläßlich des 25jährigen Bestehens der Firma. Breslau 1926.

Münchener Beiträge zur Geschichte u. Literatur d. Naturwissenschaften und Medizin. 2./3. H.: **Berg-, Probir- u. Kunstbüchlein.** Von Ernst Darmstädter. München 1926, Verlag der Münchener Druckerei. 206 S. m. 12 Abb. Preis 7 ℳ.

Werden und Wirken der Firma Henkel & Co., Düsseldorf 1876 bis 1926. 215 S. m. zahlr. Abb.

Alois von Negrelli. Lebensgeschichte eines Ingenieurs. Von Alfred Birk. 2. Bd.: 1848—1858. Wien u. Leipzig 1925, Wilhelm Braumüller. 307 S. Preis 6,50 ℳ.

The life of Elbert H. Gray. The Story of Steel. Von Ida M. Tarbell. New York und London 1925, D. Appleton Co. 361 S. m. versch. Abb. Preis 3,50 sh.

Scientific Papers. Von Shizuwo Sano. Tokio 1926, Iwanami Shoten. 340 S.

Wenn ich Arbeiterführer wäre. Von Ernest J. P. Benn. Stuttgart 1927, C. E. Poeschel. 142 S. Preis 3,60 ℳ.

Technisches Wörterbuch. Von Samuel Révész. 1. Bd.: Ungarisch-Deutsch. 328 S. 2. Bd.: Deutsch-Ungarisch. 350 S. Budapest 1926, Mano Dick.

Der kleine Brockhaus. Handbuch des Wissens in einem Bande. 10. Lfg. Leipzig 1926, F. A. Brockhaus. S. 721 bis 800 m. zahlr. Abb. Preis 2,10 ℳ.

Die Flaggen des Deutschen Reiches. Herausgeg. vom Reichsministerium des Innern. Berlin 1926, Reichs- u. Staatsverlag. Preis 1,20 ℳ.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 12. MÄRZ 1927 NR. 11

Die Entwicklung der Abraumförderbrücken im Braunkohlentagebau

Von Obering. W. Ries, Leipzig

Technische und wirtschaftliche Erfahrungen in Plessa — Beschreibung der weiteren vier Anlagen für Grube „Alwine", „Neurath", „Hansa" und „Erika" — Die Entwicklung der Abraumförderbrücken hinsichtlich Größe und Leistung — Ausblick

Abb. 4
Abraumförderbrücke mit eingebauter Baggereinrichtung für 25 m Baggertiefe für „Gewerkschaft Neurath", Rheinland

Die vor zwei Jahren erfolgte Inbetriebnahme der ersten Abraum-Förderbrückenanlage auf den Plessaer Braunkohlenwerken[1]) hatte den Beweis für die Durchführbarkeit des Förderbrückenbetriebes in technischer Hinsicht erbracht. Die ersten Betriebsmonate bestätigten auch die erwartete hohe Wirtschaftlichkeit.

Von der beteiligten Industrie wurde begreiflicherweise zunächst in der Beschaffung weiterer Anlagen ziemliche Zurückhaltung geübt, weil man einerseits die Ergebnisse eines längeren Betriebsabschnittes in Plessa abwarten wollte und anderseits die außerordentliche Anspannung des Geldmarktes in den letzten Jahren die Beschaffung derart großer Anlagen durch die mit Absatzschwierigkeiten kämpfende Braunkohlenindustrie verbot. Lediglich die Gewerkschaft des Bruckdorf-Nietlebener Bergbauvereins, Halle a. d. S., hatte im Anschluß an die Inbetriebnahme der Anlage Plessa für ihre Grube „Alwine" eine Abraumförderbrücke bestellt, deren Inbetriebnahme sich jedoch infolge verschiedener ungünstiger Umstände im Grubenbetriebe verzögerte. In der letzten Zeit ist jedoch in der ganzen Frage ein bemerkenswerter Umschwung eingetreten.

Betriebsergebnisse der Anlage Plessa

Zunächst haben die Plessaer Braunkohlenwerke die Ergebnisse des ersten Betriebsjahres bekanntgegeben und ein klareres Bild der Brauchbarkeit und Wirtschaftlichkeit gebracht als die früheren nur auf kurzen Betriebzeiträumen beruhenden Veröffentlichungen.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 947.

Die technische Durchbildung der Brücke, s. Abb. 5, S. 344, hat sich im allgemeinen bewährt. Dies gilt vor allem von der Konstruktion der Fahrwerke, des Trägers, der Raumbeweglichkeit des Brückenkörpers und hinsichtlich der Gurtfördereranlage. Insbesondere hat sich der einen immerhin empfindlichen Maschinenteil darstellende Fördergurt aus Gummi mit Baumwolleinlagen im Betrieb überraschend gut gehalten; es hat sich allerdings gezeigt, daß eine sehr sorgfältige Wartung nötig ist und bei der Konstruktion der Beschick- und Abwurfstellen in weitestgehendem Maße darauf Rücksicht zu nehmen ist, daß keine unzulässigen Stauungen und dergleichen eintreten.

Lediglich das eiserne Plattenband, das die Abraummassen vom Tiefbagger zur Brücke fördert, hat sich den Beanspruchungen des Betriebes nicht gewachsen gezeigt, und zwar hauptsächlich infolge der außerordentlich starken Schleißwirkung des scharfen Sandes, aus dem das Deckgebirge in Plessa vorwiegend besteht. Es ergab sich ein starker Verbrauch an Rollen, Ketten, Laschen und dergleichen, so daß sich die Grube neuerdings entschlossen hat, das Plattenband gegen einen Gummigurtförderer auszuwechseln.

Man wird daraus die Lehre ziehen müssen, in Zukunft für die Förderung von Abraum, besonders wenn es sich um Sand oder stark schleißende Bodenarten handelt, eiserne Plattenbänder möglichst zu vermeiden, nachdem sich die Überlegenheit des Gummigurtes hinsichtlich der Lebensdauer klar erwiesen hat.

Die gekennzeichneten Schwierigkeiten bezüglich des Plattenbandes liefern aber auch den schlüssigsten Beweis dafür, daß es notwendig und richtig ist, beim Bau wei-

terer Brücken alle nicht unbedingt erforderlichen Bauteile wegzulassen und die mechanische Durchbildung so einfach wie nur irgend möglich zu gestalten. Diesem Gesichtspunkt ist bei den neuesten in Ausführung befindlichen Anlagen dadurch Rechnung getragen, daß die Eimerleiter und die gesamte Baggereinrichtung in die Brücke selbst eingebaut werden, so daß sich die Anordnung besonderer Zubringebänder zwischen Bagger und Brücke erübrigt.

Angaben über die Wirtschaftlichkeit im ersten Betriebsjahr in Plessa sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Sie bestätigen im wesentlichen die früher bereits veröffentlichten Zahlen der ersten Betriebsabschnitte; insbesondere ist die Leistung je Mann und Schicht auf 181,63 m³ festgestellt worden, unter Berücksichtigung der Schichten für Ausbesserung auf 158,16 m³.

Diese Zahlen liegen ungefähr zwei- bis dreimal günstiger als die entsprechenden Zahlen des Zugbetriebes. Ähnliche Verhältnisse gelten bezüglich der Ausgaben für Löhne, Strom und Betriebstoffe, so daß sich die Bewegung des Abraumes auf rd. 9,96 ₰/m³ stellt. Diese niedrige Zahl wird von keinem der bisherigen Betriebe des Braunkohlenbergbaues erreicht; im allgemeinen betragen die Kosten dort das Drei- und Vierfache des genannten Wertes. Nur bei wenigen, durch geologische Ablagerung besonders begünstigten Gruben mit besonders vollkommenen Betriebsmitteln bleiben die Kosten für 1 m³ unter dem Durchschnitt, betragen jedoch immer noch rd. das 2½fache der Zahlen in Plessa.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß das erste Betriebsjahr in Plessa hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Förderbrückenbetriebes die Erwartungen in vollem Maß erfüllt hat.

Neuere Abraumförderbrücken

Die zweite von der ATG — Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Leipzig — nach den neuesten Gesichtspunkten erbaute

Abraumförderbrücke, für die Gewerkschaft des Bruckdorf-Nietlebener Bergbauvereins,

die in dieser Zeitschrift Bd. 69 (1925) S. 947 bereits in ihren Grundzügen beschrieben worden ist, ist mit Rücksicht auf die besonderen Verhältnisse des Grubenbetriebes in mancher Hinsicht von der Plessaer Anlage stark abweichend durchgebildet worden, Abb. 1 und 6 (Seite 344).

Abb. 1
Abraumförderbrücke, gebaut von der ATG, Allgemeinen Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Leipzig, für die Grube „Alwine" des Bruckdorf-Nietlebener Bergbauvereins

Zahlentafel 1. Betriebsergebnisse mit der Abraumförderbrücke der Plessaer Braunkohlenwerke G. m. b. H. im Jahre 1925.

A. Lohnkosten:

1. Jahresleistung	m³	559 429
2. Fördertage		154
3. Tagesleistung	m³	3632,6
4. Kopfzahl bei reinen Förderschichten		20
5. „ „ „ Instandhaltungsschichten		15
6. Reine Förder-Lohnschichten (154 Tage mit je 20 Mann)		3080
7. Reine Instandhaltungs-Lohnschichten (30,5 Tage mit je 15 Mann)		457
8. Gesamtlohnschichten		3537
9. Leistung je Kopf: a) bei reiner Förderschicht	m³	181,63
b) „ Förder- und Instandhaltungsschicht	„	158,16
10. Lohnsumme: 3537 Schichten zu je 6,27 ℳ	ℳ	22 177,—
11. Lohn für 1 m³	₰/m³	3,96

B. Betriebskosten:

a) Brücke:		
Ersatzteile	ℳ	7590,—
Schmierstoffe	„	3900,—
Ersatzteile für den Schrägaufzug	„	3530,—
Stromkosten einschl. Baggermotors bei 1500 kWh Stromverbrauch an 1 Tag und 154 Arbeitstagen (3 ₰/kWh)	„	6925,—
Gehälter	„	5971,—
Preßlinge	„	200,—
b) Bagger:		
Ersatzteile	„	4600,—
Schmierstoffe	„	860,—
Zusammen	ℳ	33 576,—

C. Zusammenstellung:

a) Lohnanteil	₰/m³	3,96
b) Unkosten	„	6,—
Gesamtunkosten	₰/m³	9,96

D. Betriebsvorgänge:

Stillstand der Brücke	Tage	72
Fördertage der Brücke	„	154
Ausbessertage der Brücke	„	30,5
Umbauten oder Verbesserungen	„	48,5
Insgesamt Arbeitstage im Jahr		305

E. Verhältnis der Instandhaltungsschichten zu den gesamten Schichten.

	Zahl	Teil der Gesamtschichten vH	Teil der Instandhaltungsschichten vH
Instandhaltungsschichten mit 15 Mann	457,5	12,9	—
Hiervon für Brücke, Bagger und Gleis	127,5	3,6	27,8
Hiervon für Schrägplattenband	330	9,3	72,2

Zunächst wurde mit Rücksicht auf die je nach Wahl getrennte Förderung der Abraummassen im Zug- und Förderbetrieb die Brückenstütze portalartig ausgeführt, um den Abraumzügen freie Durchfahrt zu gewähren, Abb. 2. Ferner wurde, mit Rücksicht auf das stark klebende Fördergut (Ton), an Stelle des Gummigurtförderers eine Wagenförderung vorgesehen. Die beiden hierfür dienenden Großraumwagen von 8 m³ Inhalt fahren mit 6 m/s Höchstgeschwindigkeit. Sie arbeiten im Pendelverkehr und werden an der Auslegerspitze durch entsprechende Hebelgestänge und Führungen ausgekippt, Abb. 3. Beide Förderwagen werden mittels Seiles von einer Steuerwinde aus angetrieben, die über dem baggerseitigen Portal eingebaut ist. Die im stetigen Fluß vom Bagger ankommenden Massen werden in einem Bunker mit zwei durch Druckluft gesteuerten Klappen aufgespeichert.

Der Probebetrieb der Brücke hat bisher keine Anstände ergeben; leider konnte sie noch nicht endgültig in Betrieb genommen werden, da wenige Tage nach ihrer Fertigstellung infolge eines wolkenbruchartigen Regens der den Tagebau durchziehende Spüldamm brach, wodurch der ganze Tagebau verschlämmt wurde.

Die Anlage in Neurath

Inzwischen haben sich jedoch angesichts der unverkennbaren wirtschaftlichen Vorteile weitere Gruben zur Einführung des Förderbrückenbetriebes entschlossen. Zu-

Abb. 2
Portalartig ausgebildete Brückenstütze der Anlage auf Grube „Alwine"

nächst hat die Gewerkschaft des Braunkohlenbergwerks Neurath für ihre im Kreise Bedburg (Rheinland) gelegene Grube eine Abraumförderbrücke bei der ATG in Auftrag gegeben, die inzwischen in Betrieb genommen wurde, Abb. 4, S. 341, und 7, S. 344. Sie zeichnet sich vor allem durch außergewöhnliche Abmessungen aus. Bei einer Kohlenförderung von rd. 6000 t/Tag mußte bei der gegebenen Strossenlänge und Flözdicke von rd. 19 m die Brücke 160 m Stützweite erhalten, um einen zeitlich genügenden Kohlenvorrat zu ermöglichen. Das Deckgebirge ist rd. 25 m dick, so daß sich unter Berücksichtigung des Auflockerungsfaktors und der unvermeidlichen Materialanstauungen an der Haldenseite eine Haldenhöhe von rd. 35 m und hieraus eine Auslegerlänge von rd. 50 m ergab. Die Brücke hat also rd. 210 m Gesamtlänge.

Zum erstenmal ist bei dieser Anlage auch der Gedanke verwirklicht, die Baggereinrichtung in die Brücke selbst einzubauen. Während bisher in der Grube der Abraum in zwei Schnitten von je rd. 12 bis 13 m Baggertiefe gewonnen wurde, tritt nunmehr an Stelle dieser beiden Baggerbetriebe der Brückenbetrieb, wobei der Abraum in einem einzigen Schnitt abgetragen wird. Diese Möglichkeit ist nur dadurch gegeben, daß die Eimerleiter unmittelbar im Brückenträger aufgehängt werden kann.

Die Mitte des baggerseitigen Fahrgleises liegt rd. 6,5 m hinter der Böschungskante, so daß eine große Sicherheit gegen Ausbrechen der Böschung infolge des Stützdruckes gewährleistet ist. Natürlich muß die Baggereinrichtung etwa die doppelte Leistung schaffen als jeder der beiden früheren Bagger. Die Baggereimer haben 650 l Inhalt bei vierfacher Schakung der Kette. Zum Antrieb der Eimerkette dient ein Motor von rd. 425 PS. Das Heben und Senken der Eimerleiter wird durch ein besonderes elektrisch gesteuertes Hubwerk bewirkt, das neben dem Baggerantrieb im Baggerhaus untergebracht ist. Zur Bedienung der Eimerleiter in hochgezogener Stellung sind zwei seitliche Bedienungsstege am Brückenträger vorgesehen. Das Abraumgut wird über die Brücke hinweg wiederum durch einen Muldengurtförderer befördert. Da die Brücke für eine Leistung von 800 m³/h gewachsenen Boden gebaut ist, erhielt der Gurtförderer bei 1,8 m/s Geschwindigkeit 1250 mm Breite. Die Brücke arbeitet in stark geneigter Lage, Abb. 7; für den Antrieb des Gurtförderers ist daher verhältnismäßig wenig Kraft erforderlich. Die Massen werden an drei Stellen der Haldenseite abgeworfen. Die erste Abwurfstelle dient zum Aufbau der haldenseitigen Fahrbahnebene; an den beiden jenseits des Auslegers liegenden Abwurfstellen wird die Halde angeschüttet, wobei die Möglichkeit besteht, zwecks besserer Standsicherheit der Halde noch eine Zwischenberme anzukippen.

Zum erstenmal ist bei dieser Brücke auch mit Rücksicht auf die Gewichtersparnis die Eisenkonstruktion der Brücke in Hochbaustahl St 48 hergestellt. Trotzdem ergibt sich für die betriebfertige Brücke auf der Haldenseite ein Stützdruck von rd. 620 t, auf der Baggerseite ein solcher von rd. 520 t, so daß also insgesamt 72 Laufräder erforderlich sind, um die Stützdrücke in zweckmäßiger Weise auf den Boden zu übertragen. Dabei beläuft sich an der Haldenseite die Flächenpressung auf rd. 1 kg/cm² und an der Baggerseite auf etwa 2,5 kg/cm². Die Schlittenführung auf der Haldenseite gestattet eine Veränderung der Stützweite um ± 4 m. Im übrigen sind die Fahrwerke nach den gleichen Grundsätzen ausgeführt worden wie bei der Anlage in Plessa, nachdem sich die Konstruktion dort gut bewährt hat; ebenso wurde die Dreipunktabstützung des Brückenträgers, also die raumbewegliche Lage auf den Fahrwerken beibehalten.

Abb. 3
Kippwagen von 8 m³ Inhalt für klebendes Abraumgut der Förderbrücke auf Grube „Alwine"

Abb. 5
Grube „Agnes", Plessa, N.-L.

Abb. 6
Grube „Alwine", Bruckdorf-Nietlebener Bergbauverein

Abb. 7
Grube „Prinzessin Victoria", Neurath, Rheinland

Abb. 8
Grube „Hansa", Träbitz, N.-L.

Abb. 9
Grube „Erika", Ilse A.-G.

Abb. 5 bis 9
Abraumförderbrücken verschiedener Spannweiten und Leistungen

Abb. 10
Leistungen der Abraumförderbrücken, Abb. 5 bis 9, in m³/h

Eine wichtige Aufgabe bildete im vorliegenden Falle die zweckentsprechende Durchbildung des elektrischen Teiles. Die Schleifleitung längs der Fahrbahn gibt Drehstrom von 5000 V ab. Die Stromabnehmer befinden sich auf einem besonderen, neben der Brücke laufenden Wagen, um die räumlichen Bewegungen der Brücke von der Stromabnahmevorrichtung freizuhalten. In einem besonderen, seitlich an der Brücke angebauten Transformatorenhaus in einer Größe von $6 \times 14\ m^2$ befinden sich die beiden Krafttransformatoren von je 420 kVA und ein Lichttransformator. Sämtliche Motoren auf der Brücke werden mit Drehstrom von 500 V betrieben.

Besondere Schwierigkeiten ergaben sich bei der Wahl der Steuerung für die Brückenfahrmotoren. Da das Flöz ziemlich stark einfällt, so daß die Fahrgleise zum Teil bis zu 3 vH Steigung aufweisen, wird sich mit wechselnder Fahrtrichtung der Brücke und wechselnder Windrichtung das Drehmoment an der Motorwelle ändern; es wird so-

gar häufig der Fall vorkommen, daß der Motor Bremsdrehmomente wechselnder Größe übernehmen muß. Dabei ist zu beachten, daß diese Unterschiede unter Umständen im Verlauf einer gleichgerichteten Fahrbewegung eintreten, weil zur Überwindung gewisser Unebenheiten des Geländes die Gleise sogar wellenförmig liegen können. Schließlich ist es noch nötig, die Brücke an der Haldenseite mit einer andern, gleichbleibenden Geschwindigkeit laufen zu lassen als auf der gegenüberliegenden Baggerseite. Es muß also möglich sein, innerhalb des Regulierbereiches des Fahrmotors auf der Haldenseite gewisse Geschwindigkeitstufen der Brücke einzustellen und bei wechselnder Motorbelastung und wechselndem Antrieb- und Bremsdrehmoment zu halten.

Die AEG, die die elektrische Ausrüstung lieferte, hat hierfür eine selbsttätige Drehstrom-Bremsschaltung für zwei Motoren eingebaut, wobei durch Anordnung von Spannungswächtern das für den augenblicklichen Belastungsfall notwendige Kraft- oder Bremsmoment bis zu einem gewissen Grad unabhängig von der Aufmerksamkeit des Führers eingeschaltet wird.

Die Brücke wird nach ihrer Inbetriebnahme aller Voraussicht nach erhebliche Ersparnisse im Betriebe bringen. Diese werden sich vor allem daraus ergeben, daß an Stelle von bisher zwei Baggerbetrieben mit dem gesamten großen Zugpark, Gleisanlagen usw. nur ein einziger Baggerbetrieb mit anschließender stetiger Förderung und einfacher Kipparbeit tritt. Es ist auf Grund vorsichtiger Wirtschaftlichkeitsberechnungen anzunehmen, daß sich die Brücke in dem verhältnismäßig kurzen Zeitraum von rd. zwei Jahren aus den Ersparnissen vollkommen bezahlt machen wird.

Die Senftenberger Anlage

Eine weitere große Abraum-Förderbrückenanlage ist ferner bei der ATG von den „Neuen Senftenberger Kohlenwerken“ für deren Grube „Hansa“ in der Niederlausitz bestellt worden, Abb. 8. Es handelt sich hier um eine der ungünstigsten Ablagerungen des ganzen deutschen Braunkohlenbezirks, die noch dem Tagebau unterliegt. Das Flöz hat rd. 5 bis 6 m Dicke und ist mit einem Deckgebirge von 23 bis zu 50 m überlagert. Die unter den dickeren Deckgebirgsschichten liegenden Flözteile wurden bisher im Tiefbau abgebaut. Der Hauptteil des Vorkommens, für den das Verhältnis von Decke zu Flöz bis zu 6 : 1 beträgt, wird in Zukunft von der Abraumförderbrücke umgelagert werden. Entsprechend einer Kohlenförderung von rd. 2400 t am Tag erhält die Brücke bei den gegebenen Strossenlängen und der verhältnismäßig geringen Flözdicke 130 m Stützweite.

Die Brücke wird so gebaut, daß das Deckgebirge bis zu 35 m Dicke im Tagebau bewältigt werden kann. Das Deckgebirge wird in zwei Schnitten abgebaut, und zwar durch einen Hochbagger von rd. 12 m Abtraghöhe und einen in die Brücke eingebauten Tiefbagger von rd. 23 m Baggertiefe. Die vom Hochbagger kommenden Massen werden durch ein allseits bewegliches Zubringerband der Hauptbrücke zugeführt, also ebenfalls im Förderbrückenbetrieb bewältigt. Die Haldenhöhe wird unter Berücksichtigung der Auflockerung usw. bis zu 50 m betragen, demgemäß wird der Ausleger rd. 70 m Länge erhalten.

Um bei der großen Haldenhöhe von 50 m nicht sämtliche Massen bis zur Auslegerspitze fördern zu müssen, hat man einen zweiten unteren Ausleger vorgesehen, der den unteren Teil der Halde bis zu 30 m Höhe aufbaut, wobei die über die Brücke kommenden Massen unter Vermeidung jeglicher Hubarbeit in grundsätzlich wagerechter Richtung gefördert werden. Dieser untere Ausleger erhält rd. 40 m Länge.

Die Baggereinrichtung in der Brücke wird mit Eimern von 675 l Inhalt und vorläufig sechsfach geschakter Kette vorgesehen. Der Gurtförderer in der Brücke erhält 1350 mm Breite bei 2 m/s Geschwindigkeit. Der Abraum wird wiederum an drei Stellen abgestürzt, wobei es möglich sein wird, die beiden Abstürzpunkte an der Auslegerseite gleichzeitig zu bedienen. Die Brücke wird vorläufig für eine Leistung von rd. 1000 m³/h gewachsenen Boden ausgeführt, die ganze Förderanlage, die Eisenkonstruktion, Fahrwerke und dergleichen sind jedoch bereits für die größere, später in Frage kommende Leistung von rd. 1400 m³/h gewachsenen Boden bemessen.

Um bei dieser außerordentlichen Förderleistung den Kraftbedarf nach Möglichkeit gering zu halten, hat man sämtliche Muldengurt-Tragrollen mit Rollenlagern ausgestattet.

Die Anlage der Ilse-Bergbau-Aktiengesellschaft

Eine besondere Ausführungsform der Baggerseite der Brücke zeigt die von der „Ilse“-Bergbau-Aktiengesellschaft für ihre Grube „Erika“ bestellte Anlage nach Abb. 9. Das Deckgebirge von 28 m Dicke wird dort von einem Drehbagger gewonnen, der sowohl den Hochschnitt als auch den Tiefschnitt bewältigen kann. Der Bagger sitzt auf einem portalartigen Untergestell, so daß — ähnlich wie in Bruckdorf — eine Durchfahrt für Lokomotiven, Gleisrückmaschinen und dergleichen vorhanden ist. Der mit einer Knickleiter versehene Drehbagger gestattet das gesonderte Aushalten gewisser tragfähiger Schichten des Deckgebirges, die zweckmäßig zum Aufbau der haldenseitigen Fahrbahnebene verwendet werden können. Die an sich bekannten Vorteile des Drehbaggers, insbesondere die Vermeidung besonderer Zusatzarbeiten an den Strossenenden, können sich selbstverständlich auch bei dem Brückenbetrieb voll auswirken. Die Leistung der Anlage beträgt 700 m³/h.

Die Wirtschaftlichkeit des Betriebes von Abraumförderbrücken

Die bisherige Entwicklung zeigt deutlich, daß die Braunkohlenindustrie in immer steigendem Maße dazu übergeht, den bisherigen Bagger- und Zugbetrieb durch den Abraumförderbrücken-Betrieb zu ersetzen. Dies beweisen auch die zahlreichen Entwürfe, deren Ausführung verschiedentlich zeitraubende Umstellungsarbeiten in den Gruben vorausgehen müssen und deren Verwirklichung sich daher zum Teil noch verzögern wird. Bei dem stetig wachsenden Verhältnis von Decke zu Flöz wird die Abraumbrücke immer größere Bedeutung gewinnen und die vorauszusehende Unwirtschaftlichkeit des bisherigen Betriebes in manchen Fällen zur Einführung des Förderbrückenbetriebes drängen.

In konstruktiver Hinsicht werden sich die künftigen Abraumförderbrücken-Anlagen durch ihre außerordentlich großen äußeren Abmessungen und durch ihre ungewöhnlich großen Leistungen auszeichnen, weil ja diese Werte von dem ständig wachsenden Verhältnis von Decke zu Flöz unmittelbar beeinflußt werden.

In Abb. 5 bis 9 sind die ersten fünf von der ATG, Leipzig, bisher gebauten Anlagen im gleichen Maßstabe dargestellt; die Zeichnung läßt die Größenentwicklung der Brücken deutlich erkennen. Aber auch die Leistungen, Abb. 10, sind mit der äußeren Größe gestiegen. Während die erste Anlage in Plessa für 400 bis 500 m³ Stundenleistung gebaut wurde, wird für die Brücke der Grube Hansa bereits mit 1400 m³/h Leistung gerechnet. Von der Größe dieser Leistung wird sich auch der Fachmann bei oberflächlichem Lesen kaum eine Vorstellung machen. Bei dem vorgesehenen zwanzigstündigen Betrieb am Tage wird beispielsweise die Leistung der Brücke „Hansa“ nach späterem Ausbau rd. 28 000 m³ = rd. 60 000 t/Tag betragen. Zur Fortschaffung dieser Bodenmenge wären hundert Eisenbahnzüge zu je achtzig Achsen erforderlich.

[B 2626]

Untersuchungen an neuzeitlichen mehrgehäusigen Dampfturbinen

Von E. Josse, Charlottenburg

Eine 16000 kW-Turbine, Bauart Stork-Erste Brünner, für Dampf von 32,8 at und 396° ergab, bezogen auf die Leistung an der Kupplung, 82,9 vH, eine dreigehäusige Brown-Boveri-Turbine von 10000 kW mit Dampf von 12,43 at und 323°, auf die gleiche Stelle bezogen, 83,5 vH als thermodynamischen Wirkungsgrad

Abb. 1 Merwede-Kanal-Kraftwerk in Utrecht

a 14000/17000 kW-Dampfturbine, Bauart AEG *b* Stromerzeuger *c* 16000 kW-Dampfturbine, Bauart Stork-Erste Brünner *d* Stromerzeuger *e* 8000 kW-Dampfturbine *f* Stromerzeuger *g* Pumpensätze *h* Schaltpult

Viele Dampfkraftwerke stehen gegenwärtig vor der Anschaffung neuer Turbinen und dabei oft vor der Wahl zwischen einer vielstufigen sogenannten „Hochleistungsturbine" in Mehrgehäuseanordnung und einer in der Anschaffung billigeren Turbine kürzerer Bauart mit weniger Stufen. Die Entscheidung wird dadurch erschwert, daß von den Dampfturbinen neuer Bauart mit großer Stufenzahl bis jetzt nur wenige Versuchsergebnisse bekanntgeworden sind.

Ich habe neuerdings zwei solcher Hochleistungs-Kondensationsturbinen, eine für hohen Überdruck von 32 at und 400 °C und mit einstufiger Anzapfdampf-Speisewasservorwärmung, die andre für niedrigen Überdruck von 11,5 at und 300 °C, untersucht; da beide Maschinen geprüft wurden, nachdem sie bereits einige Zeit anstandlos in Betrieb waren und da beide Turbinen auch seitdem allen Anforderungen an Betriebsicherheit entsprochen haben, dürfte es angebracht sein, über die Versuchsergebnisse zu berichten.

Meßgeräte und Meßverfahren

Bei den Versuchen wurden nur geeichte Meßgeräte verwendet. Zur Messung des Dampfverbrauchs wurde das Kondensat aus den Oberflächenkondensatoren, das auch den Stopfbüchsendampf mitführt, abwechselnd in zwei große Meßbehälter geleitet, die vor den Versuchen unter Verwendung von geprüften Dezimalwagen und amtlich gestempelten Gewichten sorgfältig geeicht worden waren; Unterschiede in den Wassertemperaturen bei der Eichung und beim Versuch wurden berücksichtigt.

Drücke über 2 at wurden an Röhrenfedermanometern mit möglichst weiter Teilung abgelesen, niedrigere Drücke mit Quecksilbersäulen unter Berücksichtigung der Fadentemperatur gemessen. Die Eichung der an den wichtigsten Stellen, z. B. am Haupteinlaßventil der Turbine angebrachten Manometer war unmittelbar vor den Versuchen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erfolgt, die übrigen Manometer wurden im Maschinenbaulaboratorium der Technischen Hochschule Charlottenburg geeicht.

Der Unterdruck hinter den Turbinen wurde an 3 bis 4 Stellen oben in den einzelnen Abdampfstutzen gemessen; außerdem wurde die Abdampftemperatur an Quecksilberthermometern der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mit 0,1 ° Teilung abgelesen. Diese Messungen ergaben kleine Abweichungen untereinander, wie dies auch schon bei andern Turbinenuntersuchungen festgestellt worden war[1]). Als Gegendruck wurde das algebraische Mittel aus den gemessenen Drücken und den Sättigungsdrücken angenommen, die den gemessenen Abdampftemperaturen entsprachen.

Zum Messen der Dampftemperaturen mit Quecksilberthermometern wurden ausschließlich Thermometer benutzt, die von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geeicht waren, und so eingebaut, daß die Wärmeabgabe nach außen möglichst eingeschränkt wurde. Die Dampftemperatur vor dem Haupteinlaßventil wurde mittels Quecksilberthermometers und eines Chromnickel-Konstantan-Thermoelements mit Präzisions-Millivoltmeter gemessen; die eine Lötstelle wurde unmittelbar von dem strömenden Dampf berührt, die andere Lötstelle lag in einem Glasrohr in einem Wasserbad, dessen Temperatur bestimmt wurde. Diese Meßeinrichtung wurde im Maschinenbau-Laboratorium vor und nach den Versuchen geeicht. Die Angaben des Quecksilberthermometers lagen, namentlich bei geringeren Dampfgeschwindigkeiten, etwas unter denen des Thermoelements. Da bei dem Quecksilberthermometer die Wärmeabgabe von der Hülse nach außen doch wohl nicht ganz verhindert werden konnte, scheint im allgemeinen die Angabe des Thermoelementes zuverlässiger; sie wurde deshalb in der Regel als maßgebend angesehen.

[1]) „Power" Bd. 63 (1926) S. 488.

Während der Dampfverbrauchversuche wurden alle Ablesungen an dem Dampfteil in Zeitabständen von 5 min gemacht; die elektrischen Leistungen wurden minutlich gemessen.

16 000 kW - Turbine, Bauart Stork-Erste Brünner im Kraftwerk Utrecht

Im neuen Kraftwerk „Merwede-Kanal" der N. V. Provinciaal en Gemeentlijk Utrechtsch Stroomleveringsbedrijf, Abb. 1, wurde zuerst die hier besprochene dreigehäusige 16 000 kW-Dampfturbine, Bauart Stork - Erste Brünner, aufgestellt; neuerdings wurde die Anlage durch eine zweigehäusige 14000/17000 kW-Dampfturbine, Bauart AEG, erweitert. Beide Turbinen sind für 32 at Überdruck und 400 °C am Haupteinlaßventil gebaut. Außerdem wird eine 8000 kW-Dampfturbine für 20 at aus dem alten Werk nach dem neuen überführt werden.

Abb. 2. 16 000 kW-Turbine von Gebr. Stork, Hengelo (Holland)

Die untersuchte 16000 kW-Turbine, Bauart Stork-Erste Brünner, und die zugehörigen vier Dampfkessel von je 597 m² Heizfläche für 36 at und 425 °C sind von der Maschinenfabrik Gebr. Stork in Hengelo (Holland) entworfen, gebaut und geliefert worden. Die Turbine hat vier Gehäuse, Abb. 2 bis 5. Sie macht normal 3000 Uml./min und entspricht der bekannten Bauart der Ersten Brünner, hat aber von Gebr. Stork eine zweckmäßige bauliche Ausgestaltung erfahren. Das Druckgefälle von 32 at und 400 ° C bis auf die Luftleere ist in 45 Stufen geteilt; das erste und das zweite Gehäuse haben Gleichdruckräder, das geteilte Niederdruckgehäuse Parsons-

Abb. 3 und 4. 16 000 kW-Turbodynamo. Längs- und Stirnansicht der Anlage

Abb. 5
Längsschnitt der 16 000 kW-Turbine

Zahlentafel 1. Schaufelung der 16000 kW-Turbine von Gebr. Stork

Gehäuse	I	II	III (geteilt)
Stufenzahl und Durchm. mm	1 G 700 9 G 600	1 G 900 11 G 800	23 Ue 1/13 : 658/775 14/23 : 993/1200
Umfangsgeschwindigkeit u m/s	1. Rad 109,9 übrige Räder 94,2	1. Rad 141,3 übrige Räder 125,6	1. Rad 103,3 letztes Rad 188,5
Σu^2 . . . . m²/s²	91 880	193 760	465 000
	für die ganze Turbine 750 640		

G = Gleichdruck Ue = Ueberdruck

Bauart, s. Zahlentafel 1. Die Regelventile der Turbine haben Druckölsteuerung. Da der Firma Gebr. Stork aufgegeben worden war, die Turbine so zu bauen, daß sie auch mit Dampf von 20 at volle Leistung hergibt, ist vor dem zweiten Gehäuse, in das in diesem Falle der Frischdampf eingeführt wird, eine besondere Düsenregelung vorhanden und das erste Rad des zweiten Gehäuses größer als die anderen bemessen. Für diese Betriebsweise wird der Regler durch kleine Änderungen an dem Verbindungsgestänge von dem ersten auf das zweite Gehäuse umgeschaltet; der Läufer des ersten Gehäuses läuft bei dieser Betriebsart im Unterdruck.

Aus dem zweiten Gehäuse strömt der Dampf von beiden Seiten her gegenläufig in das geteilte Niederdruckgehäuse, so daß sich die bei der Überdruckbeschaufelung auftretenden axialen Schubkräfte aufheben; der Abdampf tritt durch zwei Rohre in der Mitte in die beiden Oberflächenkondensatoren von je 875 m² Kühlfläche, Abb. 3 bis 5. Sie sind mit ihrer Mittellinie senkrecht zur Achse der Turbine aufgestellt. Zu jedem Kondensator gehört eine eigene, elektrisch angetriebene Pumpengruppe, Abb. 1; für beide Gruppen zusammen ist noch eine Hilfsdampfturbine vorhanden; diese läuft normal im Unterdruck mit und übernimmt den Antrieb selbsttätig, sobald die Umlaufzahl der Pumpen zurückgeht; sie entläßt dann ihren Abdampf in die Hauptkondensatoren. Insgesamt vier Wasserstrahlgebläse saugen die Luft aus den beiden Kondensatoren ab.

Die Hauptturbine wird zur Vorwärmung des Speisewassers einstufig angezapft; und zwar dient hierzu ein von der Firma Weir, Birmingham, gelieferter Mischvorwärmer. Es sind zwei dicht benachbarte Anzapfstellen vorhanden: eine an der Verbindungsleitung zwischen Mitteldruck- und Niederdruckgehäuse, die zweite am

Zahlentafel 2. Versuchsergebnisse an der 16000 kW-Turbine von Gebr. Stork

Versuch Nr		3	2	1
Belastung	rd.	1/1	3/4	1/2
Tag des Versuches		8. 6. 26	7. 6. 26	7. 6. 26
Barometerstand bei 0 °C	mm Q.-S.	758,2	757,8	758,3
Drehzahl	Uml/min		rd. 3000	
Versuchzeit: Beginn		2 h 45′ 0″	2 h 49′ 30″	10 h 26′ 22″
Ende		3 h 38′ 54″	4 h 0′ 15″	11 h 29′ 13″
Dauer	s	3234	4245	3771
Stündlicher Gesamtdampfverbrauch der Turbodynamo	kg/h	66 528	50 722	34 258
Mittlere Leistung an den Dynamoklemmen ($\cos\varphi = 1$)	kW	16 650	12 945	8 462
Schwankungen in der elektrischen Belastung während der Versuchzeit, bez. a. d. mittl. Bel.: größte nach oben	vH	2,61	4,13	7,7
„ „ unten	„	1,44	3,33	10,7
mittlere minutliche	„	0,83	1,30	2,47
Wirkungsgrad der Dynamo bei $\cos\varphi = 1$	„	95,65	95,27	93,96
Leistung an der Dynamokupplung	kW	17 410	13 580	9 015
Dampfverbrauch für 1 kWh an den Dynamoklemmen	kg/kWh	3,994	3,918	4,048
Dampfverbrauch für 1 kWh an der Dynamokupplung	„	3,820	3,733	3,800
Vor dem Haupteinlaßventil der Turbine:				
Druck	at abs	32,8	32,8	32,7
Dampftemperatur				
Thermom. 1 abgelesen	°C	387,8	399,3	390,3
Thermom. 1 berichtigt n. Eichung	„	388,8	400,3	391,3
Thermom. 1 nach Fadenkorr.	„	396,4	408,8	398,0
Thermom. 2 abgelesen	°C	383,2	394,6	385,3
Thermom. 2 berichtigt n. Eichung	„	386,2	397,6	388,3
Thermom. 2 nach Fadenkorr.	„	396,2	408,7	398,3
Im Mittel auf 1/1° abgerundet	°C	396	409	398
Wärmeinhalt des Dampfes	kcal/kg	768,3	775,1	769,3
Zwischendrücke				
Druck hinter Regelventil 1	at abs	32,1	32,1	27,5
„ „ Regelventil 2	„	31,7	26,5	14,4
„ „ Regelventil 3	„	31,2	22,4	14,6
„ „ dem 1. Rade des 1. Gehäuses	„	29,2	22,6	14,5
„ zwischen 1. u. 2. Gehäuse	„	16,7	12,6	8,5
„ hinter dem 1. Rade des 2. Gehäuses	„	14,0	10,9	6,8
„ zwischen 2. u. 3. Gehäuse	„	2,09	1,55	1,077
„ hinter dem 1. Rade des 3. Gehäuses	„	1,05	0,73	0,58
Druck oben im Abdampfstutzen:				
I links, gemessen	mm Q.-S.abs	32,2	27,0	—
„ , entspr. der gemessenen Dampftemperatur	„	32,1	26,4	21,4
I rechts	„	34,3	26,4	—
II links	„	32,2	25,8	—
II rechts	„	32,5	27,2	22,9
Mittlerer Druck oben im Abdampfstutzen	at abs	0,0445	0,0360	0,0301
Adiabatisches Gefälle für die Turbine	kcal/kg	271,6	281,9	282,5
Dampfverbrauch bei adiabatischer Expansion	kg/kWh	3,168	3,052	3,045
Thermodynamischer Wirkungsgrad der Turbine bez. a. Leist. a. d. Dyn.-Kuppl.	vH	82,90	81,75	80,15
Thermodynamischer Wirkungsgrad der Turbodynamo, bezogen auf die Leistung an den Dynamoklemmen	vH	79,3	77,9	75,2

Niederdruckgehäuse. Durch zwei selbsttätige Anzapfventile, Abb. 6, die nach Ava-Patenten als sogenannte Überström-Druckminderventile ausgeführt sind, wird der Dampf je nach der Turbinenbelastung der einen oder der anderen Anzapfstelle entnommen, um Drosselung möglichst zu vermeiden. Bei den Versuchen war die Dampfentnahme für die Vorwärmung des Speisewassers ausgeschaltet.

Zur Bestimmung der Dampftemperatur vor der Turbine wurden die Angaben zweier Quecksilberthermometer benutzt, die vollkommen übereinstimmende Werte ergaben; die beiden Thermometer waren gleichartig in etwa 1 m Abstand im letzten zur Turbine senkrecht aufsteigenden Teil der Dampfzuleitung mittels Hülsen eingebaut, die bis zur Mitte der Rohrleitung eintauchten. Die Angaben des unmittelbar am Haupteinlaßventil angebrachten Thermoelementes mußten ausgeschaltet werden, da sein mit Fadenaufhängung versehenes, besonders empfindliches Millivoltmeter durch die Maschine fehlerhaft beeinflußt worden war, wie sich schon während der Versuche herausstellte.

Die elektrischen Leistungen wurden von H. W. L. Brückman vom Elektrotechnischen Laboratorium der Technischen Hochschule Delft gemessen. Der Wirkungsgrad der Dynamo wurde nach den Angaben der Siemens-Schuckertwerke in die Rechnung eingesetzt.

Versuchsergebnisse

Die Versuche wurden auf Veranlassung der Werkleitung als Abnahmeversuche unter Leitung des Verfassers durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse der Messungen und der Ausrechnung sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Bei dem Vollastversuch (16 650 kW an den Dynamoklemmen) ergab sich ein Dampfverbrauch von 3,99 kg/kWh bei 32,8 at abs und 396 °C am Haupteinlaßventil der Turbine und 0,0445 at abs im Abdampfstutzen.

Abb. 6. Selbsttätige Anzapfventile

Diesem Dampfverbrauch entspricht ein thermodynamischer Wirkungsgrad von 82,9 vH, bezogen auf den Dampfzustand vor dem Haupteinlaßventil und die Leistung an der Dynamokupplung. Dieser Wirkungsgrad beträgt 79,3 vH, wenn man mit der Leistung an den Klemmen rechnet, also die Dynamoverluste einbezieht.

Bei Bewertung der erzielten Wärmeausnutzung muß man die Gütezahl der Turbine und die Frischdampf- und Abdampfverhältnisse beachten. Die Gütezahl beträgt rd. 2700, was einer „spezifischen Umfangsgeschwindigkeit" $\frac{1}{91{,}53}\sqrt{\frac{\Sigma u^2}{H}} = 0{,}57$ entspricht. Hierin bedeutet H das adiabatische Gefälle für die Turbine[2]).

Für die Frischdampfverhältnisse ist neben Druck und Temperatur das in der Zeiteinheit der Turbine zuströmende Dampfvolumen von Einfluß. Ist dieses groß, so liegen günstige Verhältnisse für den Bau des vorderen Turbinenteils vor, weil dann größere Schaufelhöhen in Frage kommen und der Fluß des arbeitenden Dampfes breit, der verlustbringende Randstrom verhältnismäßig schmal ist. Bei Vollast beträgt das sekundliche Dampfvolumen 1,71 m³, bezogen auf den Zustand vor dem Haupteinlaßventil.

Abb. 7. Dampfverbrauch bei den Gewährleistungsbedingungen
× gemessen
o nach Umrechnung auf Gewährleistungsbedingung
• gewährleistet

Für den Niederdruckteil spielen der Wassergehalt und das sekundliche Dampfvolumen eine Rolle. Als Wassergehalt wurden für den Vollastversuch 12,2 vH, als sekundliches Abdampfvolumen 520 m³ ermittelt. Hierdurch sind die Verhältnisse der letzten Stufen gekennzeichnet.

In Abb. 7 wurde der Dampfverbrauch, um für die verschiedenen Dampfverhältnisse bei den Versuchen stetige Kurven zu erhalten, auf die Garantiebedingungen umgerechnet. Für diese Umrechnung wurden die zwischen der Firma Stork und dem Elektrizitätswerk Utrecht vereinbarten Unterlagen benutzt. Zum Vergleich sind hier die Werte der gewährleisteten Dampfverbrauchzahlen ebenfalls eingetragen.

Abb. 8 gibt ein Bild vom Druckverlauf in der Turbine auf Grund der Angaben in Zahlentafel 2. Auf der vorderen Stopfbüchse ruht bei Vollast der hohe Überdruck von 28 at; trotzdem hat sie bisher allen Anforderungen entsprochen. Da die Versuche als Abnahmeversuche durchgeführt wurden, mußten die elektrischen Belastungen entsprechend der Garantie eingestellt und damit teilweise Drosselung des Frischdampfes durch die Regelventile in den Kauf genommen werden.

So z. B. wurde die Nennleistung von 16 000 kW schon erreicht, wenn eines der Düsenventile nur teilweise ge-

Abb. 8. Druckverlauf in der Stork-Turbine

a Druck am Haupteinlaßventil der Turbine *b* Druck hinter dem ersten Rade des ersten Gehäuses *c* Druck zwischen dem ersten und zweiten Gehäuse *d* Druck hinter dem ersten Rade des zweiten Gehäuses *e* Druck zwischen dem zweiten und dritten Gehäuse *f* Druck hinter dem ersten Rade des dritten Gehäuses

[2]) s. u. a. Forner, Dampfverbrauch und Wirkungsgrad von Dampfturbinen, Z. Bd. 70 (1926) S. 502.

öffnet war, so daß die hier durchtretende Dampfmenge gedrosselt wurde. Bei voll geöffneten Düsenventilen leistet die Maschine 17 500 kW an den Klemmen. Der Dampfverbrauch bei dieser Höchstlast wurde nicht gemessen. Da hierbei der Drosselverlust des einen der Düsenventile wegfiel, ist anzunehmen, daß der spezifische Dampfverbrauch bei dieser Belastung noch etwas günstiger war und die Turbine einen thermodynamischen Wirkungsgrad von 83 vH, bezogen auf die Leistung an der Kupplung, erreicht, wie sich durch Extrapolation der Linie des Gütegrades ergibt.

Während der Versuche arbeitete die Turbine teilweise auf das Netz, teilweise auf einen Wasserwiderstand. Der Einfluß des Netzes bewirkte immerhin einige Schwankungen der Belastung; die Größe dieser Schwankungen ist in Zahlentafel 2 angegeben. Bei Beurteilung der mit der Turbine erzielten guten Dampfausnutzung ist zu berücksichtigen, daß es sich um eine der ersten Turbinen von größerer Leistung handelt, die hohen Frischdampfdruck und Temperatur bei einwandfreier Betriebsicherheit verarbeitet. [B 2636]

(Schluß folgt.)

Hermann Bücking †

Am 21. Dezember 1926 ist der Oberbaudirektor a. D. Hermann Bücking in Bremen gestorben. Der Dahingeschiedene hat als Mitarbeiter und Nachfolger von Franzius an den großen wasserbaulichen Aufgaben, die zu lösen waren, um Bremens Verbindung mit der See den neuzeitlichen Anforderungen anzupassen, in leitender Stellung mitgewirkt.

Bücking wurde am 9. März 1848 in Kölbe bei Marburg geboren. Er war, nachdem er bereits mit 18½ Jahren seine erste Prüfung bei der Oberbaukommission in Kassel abgelegt hatte, zunächst als Baueleve und von 1869 an als Bauführer bei verschiedenen Bahnbauten tätig. In den Jahren 1871 und 1872 lernte Bücking den Wasserbau (Stromkorrektion und Baggerbetrieb) in Harburg a. d. Elbe kennen. Nach Ablegung der Baumeisterprüfung im März 1874 war er wieder zwei Jahre bei Bahnbauten tätig und wurde hiernach am 1. April 1876 Assistent von Franzius, der 1875 in den bremischen Dienst getreten war.

Die erste große wasserbautechnische Aufgabe hatte Bücking 1881 bis 1883 zu lösen, nachdem durch drei Hochwasser im Winter 1880/81 die Dämme der Wümme und Lesum an verschiedenen Stellen gebrochen waren. Die Wiederherstellung und Verstärkung der Deiche hat er im Auftrage der Deichverbände ausgeführt. Im Jahre 1886 ging Franzius an die Korrektion der Unterweser und übertrug Bücking den Baubetrieb und die Führung der Verhandlungen zur Feststellung des Planes. Nachdem der Ausbau im wesentlichen beendet war, wurde Bücking 1895 zum Baurat ernannt und ihm die selbständige Leitung der Ausbauarbeiten auf der Unter- und Außenweser übertragen. Der erste Ausbau wurde nach einem Plane von Franzius in den Jahren 1889 bis 1894 ausgeführt. Bücking trat mit neuen Ausbauplänen für die Außenweser in den Jahren 1895 und 1899 hervor. Besonders schwierig waren die Arbeiten im Dwarsgat, 30 km unterhalb von Bremerhaven. Bereits 1903 arbeitete Bücking einen Entwurf für die Vertiefung der Unterweser für Schiffe von 7 m Tiefgang aus, während der erste Ausbau nur für Schiffe von 5 m Tiefgang berechnet war. Die Verhandlungen über die Vertiefung wurden erst 1913 abgeschlossen.

Nach dem Tode von Franzius im Jahre 1903 wurde Bücking vom Senat zum Oberbaudirektor für Strom- und Hafenbau ernannt. In Bremen und Bremerhaven waren damals große Bauten im Gang und neue Arbeiten sollten in Angriff genommen werden, so in Bremen der Ausbau des Hafens II, die Verlängerung des Holz- und Fabrikhafens sowie die Anlage des Industriehafens, in Bremerhaven die Erweiterung des Kaiserhafens und des großen Trockendocks von 209 m Länge[1]). Ferner verlangte Preußen vor Inangriffnahme der weiteren Vertiefung der Unterweser die Anlage eines Wehres oberhalb von Bremen[2]), um einer starken Absenkung der Wasserstände in den preußischen Wesermarschen vorzubeugen.

Für die Gründung des Bauwerkes führte Bücking die Grundwasserabsenkung ein, die damit zum ersten Mal in einem solchen Ausmaß angewendet wurde, daß eine unsrer größten Baufirmen die Ausführung ablehnte, weil sie an der Durchführbarkeit zweifelte. Weiter wurden folgende Neuerungen angewandt: Nyholmsche Bewegungsvorrichtungen für die Schleuse, eine Sohlenentwässerung zur Entlastung der Schleusensohle vom Auftrieb, Nyholmsche Böschungsstäbe für Ufer- und Sohlenschutz und ein versenkbares Sektorwehr, das sich seit 16 Jahren bei schwerstem Eisgang und Hochwasser bestens bewährt hat.

Leider trat am 9. Februar 1912 an der Mittelmauer der Schleusenanlage ein schwerer Schaden ein; Bücking bat wegen dieses Vorfalls im März 1913 um seine Versetzung in den Ruhestand. Drei hervorragende Wasserbauer haben später die Ursache des Unfalles aufgeklärt und dabei Bücking in vollem Umfange gerechtfertigt. Beim Entwurf der Schleusenentwässerung unter der Sohle war angenommen, daß sich der Grundwasserstrom wie bei andern Staustufen gleichmäßig vom Ober- zum Unterwasser bewegen werde. Das war jedoch bei der Bremer Wehranlage nicht immer der Fall, weil sie im Tidegebiet liegt. Es trat vielmehr zeitweise ein Rückstrom ein, wobei sich das sauerstoffhaltige Flußwasser mit dem eisenhaltigen Grundwasser vermischte. Hierbei entstand unlöslicher Eisenschlamm in solchen Mengen, daß die Röhren für die Sohlenentwässerung völlig verstopft wurden und ihre entlastende Wirkung auf den Auftrieb verloren ging. Damit verlor die Schleusenmauer ihre Standsicherheit. Bückings Rücktritt aus seinem Amt wurde von allen, die sein technisches Wirken, sein Drängen nach vorwärts und seine ernste Lebensauffassung kannten, sehr bedauert. Seine Freunde und Fachgenossen verehren ihn über den Tod hinaus als einen vorbildlichen Ingenieur. [P 87] P.

[1]) Z. Bd. 58 (1914) S. 906.
[2]) Z. Bd. 58 (1914) S. 919; Bd 61 (1917) S. 902.

Rohrleitungen und Armaturen für Höchstdruck

Von Dr.-Ing. E. h. Franz Seiffert, Direktor der Firma Franz Seiffert & Co., Aktiengesellschaft, Berlin

Berechnung der Wanddicken für nahtlose Flußstahlrohre, Absperrteile und Formstücke unter Berücksichtigung der höheren Werkstoffbeanspruchungen bei Temperaturen über 300° — Ausführungen von Flanschen, Absperrteilen, Schnellschlußvorrichtungen und Entwässerungseinrichtungen für hohe Drücke und Temperaturen

Die Bestrebungen, Dampfdruck und Dampftemperatur über die vor wenigen Jahren noch üblichen Betriebsverhältnisse (15 at und 350°) zu steigern, machten es erforderlich, sich nicht nur mit der Werkstofffrage, sondern auch mit Herstellung der Rohrleitungseinzelteile eingehender zu befassen. Ich habe bereits in einem früheren Aufsatz[1]) über Werkstofffragen usw. berichtet. In der Zwischenzeit hat man jedoch auf Grund der Hochdrucktagung 1924 und in der Erkenntnis, daß die Anwendung hoher Drücke und Temperaturen große wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt, eine Anzahl Hochdruckanlagen in Betrieb genommen; weitere befinden sich im Bau oder in Vorbereitung, für die man eingehende Untersuchungen über die zu verwendenden Werkstoffe und deren Beanspruchungen angestellt hat, um mit der nötigen Betriebsicherheit arbeiten zu können.

Berechnung der Wanddicken

Für die Berechnung der Rohrwanddicken hat der Fachnormenausschuß für Rohrleitungen des DN[2]), in Anlehnung an die „Allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Land- und Schiffsdampfkesseln", die Formel aufgestellt:

$$s = \frac{p\,d}{200\,\sigma_{zul}\,v} + c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Darin bedeutet

s die wirkliche Wanddicke in mm,
p den Betriebsdruck in kg/cm²,
d den inneren Rohrdurchmesser in mm (Nennweite),
σ_{zul} die zulässige Beanspruchung in kg/mm²,
v das Verhältnis der Festigkeit der Rohrnaht zur Festigkeit der vollen Rohrwand, bei nahtlosen Rohren $v = 1$,
c den Zuschlag zum Ausgleich von Herstellungsgenauigkeiten, Rostangriff usw. = 1 mm.

Bei der Bestimmung der zulässigen Beanspruchung muß man für Temperaturen über 300° unbedingt die Abnahme der Festigkeit berücksichtigen. Bei den bis jetzt ausgeführten Anlagen hielt man es für ausreichend, das Verhältnis der Streckgrenze zu der zulässigen Beanspruchung mit 2,35 (d. h. also 2,35fache Sicherheit) festzulegen, so daß sich z. B. bei einer Streckgrenze von 12 kg/mm² bei 400° eine zulässige Beanspruchung von

$$k = \frac{12}{2{,}35} = 5{,}1 \text{ kg/mm}^2$$

ergeben würde.

Die Berechnung ist richtig, wenn das Rohr homogen ist, also keine Schilbern aufweist, durch die eine Schwächung der Wanddicke hervorgerufen wird; das ist aber bei der handelsüblichen Ausführung nicht der Fall. Es empfiehlt sich daher, zur Anfertigung der Flußstahlrohre einen Werkstoff zu wählen mit einer Zugfestigkeit von 42 bis 50 kg/mm² bei 18 bis 25 vH Dehnung und einer Streckgrenze von 12 kg/mm² bei 400°. Rohre, die diesen Ansprüchen genügen, sind als hochwertig anzusprechen; sie werden aus besonders bearbeiteten Blöcken angefertigt.

Bei diesem Werkstoff verlangen die Röhrenwerke für die Wanddicke der Rohre eine Toleranz von ± 15 vH. Bei Rohren für hohen Druck und hohe Überhitzung sollte man aber, um die errechnete Wanddicke als Mindestwanddicke zu erhalten, nur die positive Toleranz zulassen, und zwar als Zugabe nach innen, da der äußere Rohrdurchmesser wegen der Flanschenabmessungen unveränderlich sein muß.

Für die Berechnung der Wanddicke von zylindrischen Absperrteilen und Formstücken kann man Gl. (1) ebenfalls benutzen, wenn man c fortläßt. Für Stahlguß von 35 bis 45 oder über 45 kg/mm² ist bei Temperaturen unter 300° $k = 4$ oder 5 kg/mm² einzusetzen. Um die Verminderung der Festigkeitseigenschaften bei höherer Temperatur zu berücksichtigen, multipliziert man die rechte Seite von Gl. (1) mit dem Verhältnis der Zugfestigkeiten bei 300° und der in Frage kommenden Temperatur. Zur errechneten Wanddicke sind unter 20 mm Wanddicke 20 vH, über 20 mm Wanddicke 15 vH hinzuzurechnen, um beim Nachmessen am fertigen Stück unter allen Umständen das Sollmaß der Wanddicke zu erhalten.

Flanschbefestigungen

In meinem früheren Aufsatz habe ich nur die Flanschbefestigung mittels Gewinde erwähnt, die man aber nur bei kleinen Rohrdurchmessern gut herstellen kann. Um eine völlig zuverlässige Verbindung der Flansche mit den Rohren zu erreichen, hat die Firma Seiffert eingehende Versuche mit verschiedenen Flanschbefestigungen gemacht; von diesen hat sich die in Abb. 1 dargestellte Befestigung als unbedingt zuverlässig erwiesen. Hierbei wird die Wanddicke des Rohres in der Umbördelung durch Stauchen in Schmiedewärme beträchtlich verstärkt; außerdem bildet die Verschweißung eine innige Verbindung zwischen Flansch und Rohr und schließlich bieten Vor- und Rücksprung, sauber bearbeitet, Sicherheit gegen Herausdrücken der Dichtung.

Bei den Beratungen, welche Flanschbefestigung man für die Rohrleitungen wählen sollte, die von der Firma Seiffert für das Großkraftwerk Rummelsburg zu liefern waren, tauchte die Frage auf, ob nicht durch das Stauchen des vorstehenden Rohrendes bei Schmiedewärme auch

[1]) „Rohrleitungen und Armaturen für Dampfdrücke bis 100 at und 450°", Z. Bd. 67 (1923) S. 1140.
[2]) Deutscher Normenausschuß, früher Normenausschuß der Deutschen Industrie (NDI).

Abb. 1
Flanschbefestigung durch Stauchen des Rohres und Verschweißen

Abb. 2
Rohrstück von 270/250 mm Dmr. mit Stahlgußflansch. Längsschliff, Ätzung, Kupferammoniumchlorid. Die Zahlen geben die Brinellhärten an. M. 1 : 2,1

das Rohrmaterial innerhalb des Flansches, das sich im Blauwärmegebiet befindet, gestaucht wird; dies könnte zu schädlichen Werkstoffveränderungen Anlaß geben. Um diese Frage zu klären, übersandte man Prof. Goerens eine nach Abb. 1 hergestellte Flanschbefestigung zur Prüfung, und dieser untersuchte ein herausgeschnittenes Stück auf Brinellhärte. Die Versuche ergaben, daß keine bedenkliche Härteänderung des Werkstoffes durch die Bearbeitung eingetreten war, Abb. 2.

Neue Dampfschieber für hohe Drücke

Von den bisher bekannten Dampfschieber-Konstruktionen halte ich die Ausführung mit selbsttätiger Anpressung durch den Dampfdruck auch bei Höchstdruck für geeignet; man muß allerdings für eine vollwertige Entlastung sorgen und für die Dichtungsringe den richtigen Werkstoff verwenden. Früher[3]) habe ich den nichtrostenden Kruppschen W T 2-Stahl als geeigneten Werkstoff für die Dichtungsringe der Absperrschieber bezeichnet, da er die gleiche Ausdehnungszahl wie Stahlguß hat; inzwischen haben weitere Versuche ergeben, daß dieser Stahl dafür zu weich ist. Man verwendet daher besser den Kruppschen V 5 M-Stahl, der vergütet mit 300 und unvergütet mit 220 Brinellhärte geliefert wird.

Undichtheiten treten hauptsächlich dann auf, wenn sich der Abschlußkörper unter einseitigem Druck bewegt. Man läßt daher zweckmäßig die Umführung der Schieber im Betrieb offen und schließt sie erst, wenn der vollständige Abschluß des Schiebers erfolgt ist. Die Abschlußplatten bewegen sich dann in einem geschlossenen Dampfraum, so daß also die Dichtflächen nicht gegeneinander gepreßt werden. Die in dem abzustellenden Rohrteil durch Drosselung entstehende Druckminderung gleicht sich durch die noch geöffnete Umführungsleitung aus. Man kann demnach Schieber mit zweiseitiger selbsttätiger Abdichtung, die in entsprechender Stärke ausgeführt sind, für jeden Druck verwenden.

Da man diese Regeln für die Umführungsleitung meist nicht beachtete, so traten häufig Störungen auf, die schließlich zu der Ansicht führten, daß für einen sicheren Abschluß eine mechanische Anpressung der Dichtflächen nach beiden Seiten notwendig sei. Wenn derartige Schieber sich in der Praxis für Drücke bis 25 at auch bewährt haben, so ist es doch noch nicht genügend erwiesen, ob sie auch für Höchstdruck brauchbar sind. Auf die Abschlußplatte und Abdichtplatte eines Schiebers von 300 mm wirken bei 40 at je 28 370 kg Druck; die mechanische Anpressung muß also 56 740 kg betragen, um den einseitigen Dampfdruck aufzuheben. Prüft man nach diesem Gesichtspunkt die bisher ausgeführten Schieber mit mechanischer Anpressung, so muß man zu dem Schluß gelangen, daß die Beanspruchung des Werkstoffes, ob es sich nun um Gewinde, Hebel, Bolzen oder Kugeln handelt, zu hoch ist und daß infolgedessen die beweglichen Teile leicht beschädigt oder zerstört werden können.

Auf Grund dieser Betrachtungen und wirtschaftlicher Erwägungen hat die Firma Seiffert, entsprechend den genormten Druckstufen (Din 2401), drei neue Bauarten herausgebracht, die erste für den Nenndruck 40, d. h. Betriebsüberdruck Wasser (W) 40 at bis 100°, Gas und Dampf (G) 32 at unterhalb 300°, Heißdampf (H) 25 at 300 bis 400°, die zweite für ND 64/W 64, G 50, H 40 und die dritte für ND 100/W 100, G 80, H 64.

Der Vorteil einer inneren selbsttätigen Entlastung[4]) besteht darin, daß sich der Druck ohne besondere Handgriffe selbsttätig ausgleicht. Zum Abschluß des Schiebers ist aber eine Druckminderung innerhalb des abzustellenden Rohrteiles notwendig, und zwar für die Anpressung der

[3]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 1141.

[4]) Z. Bd. 67 (1923) S. 1140 Abb. 2 bis 4.

Abb. 3
Heißdampf-Absperrschieber mit zwangläufiger Entlastung für ND 40 (H 25)

a Tragbügel *b* Teller des Entlastungsventils *c* Unterteil des Gehäuses mit Entlastungskanälen *d* Zuführung des Dampfes *e* und *f* Entlastungskanäle *g* abgestellter Rohrteil *h* Entwässerungskanal *i* und *k* Entwässerungen für senkrechten *l* und *m* desgl. für wagerechten Einbau des Schiebers

Abb. 4 bis 6
Heißdampf-Absperrschieber mit äußerer Entladung für ND 64 (H 40)

a Gehäuse
b Haube
c Dichtungsringe
d Abdichtplatten
e elastische Dichtung
f Schraubringe
g Mutterschalen
h Feder
i geteilter Ring
k bis *n* Ansätze an *g* mit Rollen
o und *p* Führungsrippen
q Gabeln
r Lenker
s Spindel
t und *u* obere Rippen
v Widerlagerringe im Gehäuse

Abb. 6
Außenansicht des Heißdampf-Absperrschiebers mit äußerer Entlastung und Schnellschlußbewegung, s. a. Abb. 10, für ND 64 (H 40)

[H]auptabsperrteile nur ein ganz geringer, für das kleine [E]ntlastungsventil dagegen ein wesentlich höherer Druck[u]nterschied. Wenn man nun die abzustellenden Rohrteile [ni]cht genügend entleeren kann, so wird das kleine Ent[la]stungsventil nicht selbsttätig schließen.

Dieser Nachteil ist bei dem Schieber für ND 40 mit [z]wangläufiger Entlastung, Abb. 3, vermieden. Der [zu]r Aufnahme der Hauptabschlußplatten bestimmte Trag[bü]gel *a* hat eine Aussparung, in die ein Ventilteller *b* mit [to]tem Gang derart eingehängt ist, daß dieser beim Öffnen [d]es Schiebers zeitlich vor den Hauptabschlußplatten ange[ho]ben wird. Der mit elastischer Dichtung versehene Teller [ö]ffnet zunächst die beiden Kanäle, die sich in dem Unter[te]il *c* des Gehäuses befinden; der Dampf tritt also von der [Z]uführungsseite *d* durch den Kanal *e* unter den Ventil[te]ller, weiter durch Kanal *f* nach dem abgestellten Rohr[te]il *g* und veranlaßt so den Druckausgleich. Die gleiche [W]irkung in entgegengesetzter Richtung tritt ein, wenn der [D]ampf von der anderen Seite des Dampfschiebers zugeführt [w]ird. In dem Unterteil ist ein umführender Entwässe[ru]ngskanal *h* angeordnet, der die Dichtflächen der Vor[ö]ffnung in jeder Lage des Schiebers vom Kondensat [fr]eihält. Beim Schließen des Schiebers finden die Haupt[ab]schlußplatten in ihrer Grundstellung eine Widerlage an [K]naggen, die im Gehäuse angebracht sind; der Tragbügel [d]agegen bewegt sich weiter und preßt den Ventilteller auf [s]eine Dichtflächen. Der senkrecht eingebaute Schieber [w]ird bei *i* oder *k*, der wagerecht eingebaute bei *l* oder *m* [en]twässert.

Bei der Bauart für ND 64, Abb. 4 bis 6, ist der hohen [B]eanspruchung des Werkstoffes Rechnung getragen, die [ä]ußere Umführung zur Entlastung aber ebenfalls [b]eibehalten, Abb. 6. Der Schieber besteht aus dem Ge[h]äuse *a* und der Haube *b*. In das Gehäuse sind zwei Dich[tu]ngsringe *c* aus einem Werkstoff mit fast gleicher Aus[d]ehnungszahl wie das Stahlgehäuse eingepreßt. Der Ab[sc]hlußkörper selbst, der sich im Gehäuse mit der Spindel [z]wangläufig bewegt, besteht aus den beiden zylindrischen [A]bdichtplatten *d* mit je einer elastischen Dichtung *e*, den [R]ingen *f* und den Mutterschalen *g*. Die mit zahnartigem [G]ewinde versehenen Ringe sind an den Abdichtplatten durch [F]edern *h* befestigt. Die Ringe und Schalen haben inein[an]dergreifende, als links- und rechtsgängige Gewinde aus[ge]bildete Zähne, so daß beim Drehen der Mutterschalen [in] ihrer Achse die Abdichtplatten sich in wagerechter [R]ichtung verschieben. Die Mutterschalen werden durch [ei]nen geteilten Ring *i* zusammengehalten und bilden dadurch [ei]n Ganzes mit den Abdichtplatten, deren Entfernung von[ei]nander man durch entsprechende Drehbewegung der [G]ewindezähne verlängern oder verkürzen kann; der ge[te]ilte Ring soll dabei Abdichtplatten und Mutterschalen [ze]ntriert erhalten.

Die Mutterschalen sind unter einem bestimmten Winkel [a]ufgeschnitten, Abb. 5, um eine entsprechende Drehung zum Verschieben der Abschlußplatten zu ermöglichen. Damit diese Bewegung in Richtung des Dampfdurchganges in der richtigen Stellung erfolgt, haben die Mutterschalen mit Rollen versehene hebelartige Ansätze *k* bis *n*. Die Ansätze *m* und *n* dienen gleichzeitig als Stützpunkte für die Schalen bei der Beendigung ihrer Drehbewegung.

Die Rollen der Ansätze *k* und *l*, die auf Führungsrippen *o* und *p* laufen, sind durch Bolzen mit den Gabeln *q* dem Lenker *r* und der Spindel *s* verbunden. Die Führungsrippen des Gehäuses sind so ausgebildet, daß die Schalen sich erst beim Schließen drehen können, nachdem sich die Abschlußplatten bereits in zentraler Richtung zu den Dichtungsringen im Gehäuse befinden. Sobald beim Öffnen die Rollen *k* und *l* die rund im Gehäuse verlaufende Rippe überschritten haben, ist die Drehbewegung der Schalen beendet und ihre Aussparung geschlossen; der Abschlußkörper befindet sich dann in eingezogenem Zustand, und die Rollen *k* und *l* liegen auf den oberen Rippen *t* und *u*.

Die im Gehäuse vorgesehenen Ringe *v* dienen als Widerlager für die Schalen, um eine Beschädigung der Dichtflächen in der Bewegung des Abschlußkörpers zu verhindern.

Bei Offenhalten der Umführung läßt sich der Abschlußkörper mit sehr geringem Kraftaufwand bewegen; nur im letzten Augenblick vor dem Abschluß ist zur Abdämmung des Dampfdruckes größere Kraft erforderlich. Erst dann ist das Entlastungsventil zu schließen.

Bei Schiebern mit zwangläufiger Anpressung der Abschlußplatten gegen den Dampfdruck treten erhebliche Kräfte auf, durch die der Werkstoff stark beansprucht wird. Meiner Ansicht nach wird man solche Schieber bis höchstens 40 at praktisch verwenden können, weil der zum Abdichten erforderliche Kraftaufwand bereits recht bedeutend ist. Da man aber in Zukunft mit einer weiteren Steigerung des Dampfdruckes rechnen muß, wurde bei einer neuen Konstruktion für ND 100, Abb. 7 bis 9, die zwangläufige Anpressung der Abschlußplatten aufgegeben. Man beschritt vielmehr den entgegengesetzten Weg: Eine im Gehäuse *a* geführte Platte *b* nimmt den Dampfdruck auf und beiderseits gegen die Platte geführte Büchsen oder Gleitrohre *c* bewirken die Abdichtung. Durch die im Gehäuse angeordneten Führungen *d* wird der gesamte Flächendruck über die Platte auf das Gehäuse übertragen. Die Abschlußplatte steht

Abb. 7 bis 9
Heißdampf-Absperrschieber ohne Entlastung

a Gehäuse	*f* Bundbüchse	*k* Dichtungsringe
b Abschlußplatte	*g* Kardanstern	*l* Stopfbüchspackung
c Gleitrohre	*h* Stangen	*m* unterer Nocken
d Führungen	*i* Exzenter	*n* obere Riegel
e Spindel		*o* elastische Dichtung

Abb. 9
Heißdampf-Absperrschieber ohne Entlastung für ND 100

mit der Spindel *e* in Verbindung; außerdem ist an ihr mittels einer Bundbüchse *f* der Kardanstern *g* befestigt. Dieser trägt an jeder Seite senkrecht zum Dampfdurchgang je zwei Zapfen, die mittels Stangen *h* an den Exzentern *i* angreifen; diese sind wiederum durch entsprechende Lagerung mit den Gleitrohren verbunden. Die Gleitrohre haben einerseits Dichtungsringe *k* und an den entgegengesetzten Enden Stopfbüchsen, die mit Spezial-Stopfbüchsenpackung *l* ausgefüllt werden. Da die Abschlußplatte mit den Gleitrohren durch Zwischenglieder verbunden ist, so müssen bei jeder Bewegung der Abschlußplatte auch die Gleitrohre je eine Bewegung in der Richtung der Dampfströmung ausführen. Damit die Betätigung der Abschlußplatte und der Gleitrohre in richtiger Reihenfolge vor sich geht, ist im unteren Teile des Gehäuses der Nocken *m* zur Hubbegrenzung der Abschlußplatte angeordnet.

Beim Schließen des Schiebers wird zunächst die Abschlußplatte durch die Gewindespindel bis zur Schlußstellung nach unten geführt, bis sie auf dem Nocken *m* aufsitzt. Durch weitere Drehung der Spindel vergrößert sich die Entfernung zwischen dem Kardanstern und der Abschlußplatte; hierdurch muß sich der Kardanstern, da er mit der Spindel verbunden ist, heben und mit ihm die angeschlossenen Stangen, und dadurch entsteht eine drehende Bewegung der Exzenter, die eine Längsbewegung der Gleitrohre gegen die Abschlußplatte bewirkt. Zugleich mit der Bewegung der Gleitrohre schieben sich die Riegel *n* über die Abschlußplatte, während sich die Gleitrohre mit ihrer Dichtfläche gegen die Abschlußplatte legen. Diese ist beiderseits mit einer elastischen Dichtung *o* versehen, gegen die sich die in den Gleitrohren vorgesehenen Dichtringe pressen.

Beim Öffnen des Schiebers verringert sich zunächst durch die entsprechende Drehbewegung die Entfernung zwischen Abschlußplatte und Kardanstern, wodurch eine entgegengesetzte Drehung der Exzenter durch die Stangen eintritt. Die Gleitrohre entfernen sich also unter gleichzeitiger Mitnahme der Riegel von der Abschlußplatte. Erst nachdem die Gleitrohre ihre Endstellung erreicht haben, geben die Riegel die Abschlußplatte für das Öffnen des Dampfdurchganges frei.

Man sieht, daß eine Begrenzung des Dampfdruckes nicht in Frage kommt. Der Druck des abgetrennten Dampfes wirkt nur gegen die Abschlußplatte, die ihre Widerlage durch die Führungen im Gehäuse findet. Dementsprechend ist für den Anpreßdruck nur der Druck zu berechnen, der auf dem Ringquerschnitt des nach der Abschlußplatte zu liegenden Gleitrohres abzüglich des Ringquerschnittes der entgegengesetzten Seite des Gleitrohres lastet.

Einer Entlastung bedarf dieser Schieber nicht, weil mit dem Zurückführen der Gleitrohre langsam der Dampfdurchtritt nach dem abgestellten Rohrteil freigegeben wird; dieser Zeitraum genügt für die Bewegung der Gleitrohre vollständig, um den Ausgleich in der Rohrleitung herbeizuführen.

Schnellschluß

Zum Schließen oder Öffnen der Schieber größerer Abmessungen sind Spindeln mit geringer Steigung notwendig, um die erforderliche Kraft zu vermindern. Die lange Zeitdauer, die man zum Bedienen des Schiebers braucht, ist ein Nachteil, der bei einer neuen, scherenartigen Konstruktion, Abb. 10, vermieden ist.

Mit den Traversen *a*, die mit den Gelenken *b* bis *e* und den Gewindemuttern *f* und *g* in Verbindung stehen, ist statt der Gewindespindel eine Welle *i* verbunden. Die Muttern bewegen sich auf der mit Rechts- und Linksgewinde versehenen Spindel *h*. Dreht man die Welle, so wird die drehende Bewegung durch das Kegelräderpaar *k* auf die Spindel übertragen, so daß sich die Muttern nach dem äußeren Ende der Spindel bewegen. Da die Büchse *l* durch den Bockaufsatz *m* in bestimmter Entfernung vom Schieber gehalten wird, so muß die Verkürzung der Gelenke ein Heben der Abschlußplatten veranlassen; der Schieber öffnet sich also. Beim Schließen findet der umgekehrte Vorgang statt.

Der Kraftaufwand ist beim Öffnen am größten zu Beginn, beim Schließen am Ende der Bewegung. In diesem Augenblick haben die Gelenke eine fast senkrechte Lage eingenommen, so daß sich die Geschwindigkeit und damit auch der erforderliche Kraftaufwand vermindert. Sodann bewegen sich die Muttern nach dem äußeren Ende der Spindel, und die Geschwindigkeit vergrößert sich wieder; der Widerstand jedoch ist dann auch nur sehr gering.

Diese Konstruktion hat noch den weiteren Vorteil, daß die Bewegung des Abschlußteils im letzten Augenblick des Schließens und im ersten Zeitpunkt des Öffnens sehr langsam ist.

Das in Abb. 10 oben angeordnete Bedienungshandrad kann man auch unmittelbar auf der Spindel anbringen, um eine seitliche Bedienung zu ermöglichen, vergl. Abb. 6.

Abb. 10
Absperrschieber mit beschleunigter Bewegung

a Traversen *b* bis *e* Gelenkstücke *f*, *g* Gewindemuttern *h* Spindel *i* Handradwelle *k* Kegelräder *l* Büchse *m* Bockaufsatz

Bei hochgespanntem Dampf sind möglichst schnellschließende Schieber besonders wichtig, da bei einem Rohrbruch z. B. weder Rohrbruchventile noch die bekannte elektromotorische Betätigung für Absperrteile genügt. Der Abschluß muß schlagartig erfolgen, weil expandierender Hochdruckdampf in kürzester Zeit selbst die größten Kesselhäuser füllen und bei der hohen Temperatur das Personal stark gefährden würde. Aus diesem Grunde muß man auch die Schnellschlüsse von entfernter und vollständig geschützter Stelle aus betätigen können. Bei großen Kraftanlagen erhalten auch die Speiseleitungen sehr große Abmessungen und hohe Drücke, so daß bei einem Rohrbruch in ganz kurzer Zeit Überschwemmungen und ernste Betriebstörungen entstehen können; es sind also auch für diese Leitungen Schnellschlüsse vorzusehen.

Sehr wichtig ist es, daß der Schnellschluß von dem Leitungsdruck unabhängig ist, weil sich bei einem Rohrbruch der innere Druck schnell ändert. Der Schnellschluß wird daher zweckmäßig durch Einwirkung von Druckluft oder von einem Dampfspeicher oder Druckwasserakkumulator aus betätigt und sollte nur im Notfall in Tätigkeit treten, weil bei der plötzlichen Strömungsunterbrechung der Rohrstrang immerhin gefährdet ist.

Bei dem Schnellschluß, Abb. 11 befinden sich der Kolben *a* und der Hebel *b* in der gestrichelt gezeichneten Lage, wenn der Hauptschieber geöffnet ist, so daß das Steuerventil *c* geschlossen, das Steuerventil *d* geöffnet ist. Soll der Hauptschieber geschlossen werden, so wird durch den Magnet *e* der Hebel ausgelöst, während sich das Ventil *c* öffnet und das Ventil *d* schließt, so daß durch die Leitung *f*, das Ventil *c* und die Leitung *g* das Druckmittel (z. B. Luft) den Kolben nach unten bewegt. Diese Bewegung überträgt sich durch die Stange *h*, die mit einem Zahngestänge *i* versehen ist, und das Stirnrad *k* auf die Abschlußplatte des Hauptschiebers. Das unter dem Kolben befindliche Druckmittel tritt durch die Öffnung *l* aus. Das Schließen des Hauptschiebers kann durch die elektrische Auslösung von beliebiger Stelle aus erfolgen, jedoch ist das Öffnen nur durch das Handrad *m* möglich, wobei vorher das Steuerventil *c* durch Einhängen des Hebels (gestrichelte Darstellung) geschlossen werden muß. Ein besonderer Kraftaufwand ist hierfür nicht erforderlich, weil sich durch die Gestänge *n* und *o* das Absperrventil *d* gleichzeitig öffnet und das über dem Kolben befindliche Druckmittel durch die Leitung *p* abgelassen wird.

Abb. 12
Einrichtung zum Rückspeisen von Kondensat
a Turbinen *b* Probierventil *c* Rückspeisepumpe für Kondensat *d, e* Wasserabscheider *f* Ausgleichbehälter

a Kolben
b Hebel
c, d Steuerventile
e Magnet
f, g Zuleitungen für das Druckmittel
h Kolbenstange
i Verzahnung
k Stirnrad
l Austrittöffnung
m Handrad
n, o Gestänge
p Ableitung des Druckmittels

Abb. 11
Absperrschieber mit Schnellschluß und elektrischer Auslösung

Entwässerung der Dampfleitungen

Die Entwässerung der Dampfleitungen ist auch bei Heißdampf und hohen Drücken sehr wichtig. Selbst wenn bei stark überhitztem Dampf während des Betriebes mit Kondensat in den Leitungen im allgemeinen nicht zu rechnen ist, so werden sich doch beim An- und Abstellen einzelner Leitungsteile beträchtliche Wassermengen bilden; auch durch Überkochen eines Kessels kann Wasser in die Leitungen gelangen. Man kann nun die Frischdampfleitungen selbsttätig entwässern[5]) und die Kondensate gleichfalls selbsttätig in den Kessel zurückführen, Abb. 12. Durch ein selbsttätiges Entwässerungsventil[6]) fließt das Wasser bis zu einem einstellbaren Druck frei ab; erst wenn dieser Druck erreicht ist, tritt die Druckentwässerung in Tätigkeit. Wenn sich dann im regelrechten Betrieb kein Kondensat mehr bildet, so strömt Dampf durch die Entwässerungsleitung nach dem Wasserabscheider *d*, wo er Arbeit leistet, so daß die sonst bei Kondenstöpfen unvermeidlichen Dampfverluste bei dieser Anordnung nicht eintreten. Durch Rückschlagventile bleiben außer Betrieb befindliche Rohrstränge frei entwässert[7]).

Wenn vor der Turbine noch ein zweiter Wasserabscheider vorgesehen ist, so führt die Kondensatleitung vom ersten Wasserabscheider gleichlaufend mit der Hauptleitung in einen Wassersack des Abscheiders *e*. Dieser steht mit dem Ausgleichbehälter *f* in Verbindung, der mittels Schwimmer und elektrischer Auslösung die Pumpe bei einem bestimmten Wasserstand in oder außer Betrieb setzt.

[5]) Z. Bd. 67 (1923) S. 1141, Abb. 7 und 8.
[6]) a. a. O. Abb. 6.
[7]) a. a. O. Abb. 7.

Abb. 13. Kondensatregler
a Kolbenschieber *b* Schlitze

Der Kraftbedarf der Pumpe ist gering, weil nur der Druckunterschied zwischen Frischdampf und Speiseleitung zu überwinden ist, um dieser das gebildete Kondensat zuzuführen.

Wenn man die von Prof. Josse bekanntgegebene Vorwärmpumpe[8]) als Speisepumpe verwendet, so kann der Ausgleichbehälter *f* fortfallen; dagegen muß man einen Kondensatregler, Abb. 13, einschalten. Das Dampfgemisch tritt oben in den Regler ein. Ein Kolbenschieber *a*, der durch einen ausgewogenen Schwimmer betätigt wird, gibt den Durchtritt nach der Pumpe erst nach Ansammlung einer genügenden Menge Kondensates, das unter Druck steht, frei; dieses wird also mit Sättigungstemperatur der Speiseleitung zugeführt. Ein völlig dichter Abschluß des Kolbenschiebers ist nicht erforderlich, weil eine geringe Dampfströmung nach der Pumpe unschädlich ist und der gesamte Wärmeinhalt des Dampfes dem Speisewasser zugute kommt.

[8]) Z. Bd. 70 (1926) S. 853.

Abb. 14
Kondensat-Rückspeiseanlage für Leitungen verschiedener Drücke

a Hauptspeisepumpe *b* Kondensatregler (Abb. 13) *c* Kondensat-Rückspeisepumpe *d* Regelventil *e* Standrohr (Abb. 15) *f* Absperrventil *g* Rückschlagventil *h* Manometer mit Absperrhahn

Abb. 15
Standrohr mit Mischdüse für Kondensatrückspeisung

Mit diesem Kondensatregler kann man auch Wasser aus Leitungen mit verschiedenen Drücken einer Pumpe zuführen, Abb. 14. Die Querschnitte der Schlitze *b* im Kolbenschieber, Abb. 13, bestimmt man entsprechend den Druckunterschieden zwischen den verschiedenen Zuleitungen; Druckunterschiede bis zu 2 at braucht man nicht zu berücksichtigen, wenn man ein Standrohr mit Mischdüse verwendet, Abb. 15. Die Kolbenschieber des Reglers, Abb. 13, stellt man so ein, daß der Druck im Standrohr um 0,5 bis 1 at geringer ist als der niedrigste Druck der angeschlossenen Kondensatleitungen. Die verschiedenen Drücke der Zuleitungen gleicht man durch Einspritzen von Wasser aus, das, mit möglichst geringer Temperatur der Hauptspeiseleitung entnommen, in das Standrohr eingespritzt wird. Der etwa noch durch die Schlitze hindurchtretende Lässigkeitsdampf sowie der sich bildende Wrasen werden soweit niedergeschlagen, bis das erforderliche Druckgefälle erreicht ist. Die Menge des Einspritzwassers hängt von dem Betriebsdruck des Standrohres ab und wird durch einen Thermostaten geregelt. Das Wassergemisch fließt dann einer Heißwasser-Kreiselpumpe oder der Kondensat-Rückspeisepumpe zu. [B 2286]

Einzel-, Gruppen- oder Hauptantrieb im Sägewerk

Vor- und Nachteile der einzelnen Antriebarten eines Sägewerkes. — Der Antrieb eines mittleren Werkes wird für Haupttransmissionsantrieb und für Einzelantrieb durchgerechnet.

n fast allen Industriezweigen wird die Frage des Einzelantriebes seit einiger Zeit viel erörtert. Neben ihren Befürwortern aus den Kreisen der Elektriziatsindustrie, die natürlich am Einzelantrieb mit Elektrootoren ein großes Interesse haben, reden auch Fachute, im besonderen aus der Sägewerkindustrie, dem inzelantrieb das Wort, da die Riemen von Betriebsleirn größerer Werke sehr häufig als die Ursache von etriebstörungen bezeichnet werden. Im folgenden soll un die Frage: Einzel-, Gruppen- oder Hauptantrieb in der ägewerkindustrie behandelt und den einschlägigen Krein die Vor- und Nachteile dieser verschiedenen Antriebrten vor Augen geführt werden.

Einzelantrieb

Vorteile. Der ohne Zweifel große Vorteil des lektrischen Einzelantriebes liegt darin, daß er von jeder ransmission unabhängig ist und die Arbeitsmaschinen n beliebiger Stelle und in beliebiger Richtung aufgestellt werden können. Die maschinelle Anlage wird urch das Wegfallen der Transmission und der Riemen ehr übersichtlich, Betriebsunfälle werden eingeschränkt. Vird eine Maschine nicht gebraucht, so wird der Aniebmotor stillgesetzt und dadurch ein Leerlauf im egensatz zu manchem Transmissionsantrieb vermieden.

Soll eine Maschine über die normale Arbeitzeit hinus arbeiten, was in einem größeren Werk allerdings aum vorkommt, so kann diese Maschine unabhängig von er Transmission betrieben werden. Schließlich soll icht unerwähnt bleiben, daß beim Einzelantrieb die Mesung des erforderlichen Kraftbedarfes für den Arbeitsang und damit die Kalkulation in einfachster Weise öglich ist.

Nachteile. Der Einzelantriebmotor muß der löchstleistung der Arbeitsmaschine angepaßt werden, die löchstleistung wird aber gerade bei Holzbearbeitungsnaschinen nur sehr kurze Zeit beansprucht, so daß die usnutzung des Motors in der Regel sehr gering ist. lotorschäden, die in keinem Betriebe zu verhüten sind, önnen sich sehr nachteilig auswirken, im besonderen ann, wenn es sich um den Antriebmotor einer Maschine us einer zusammenhängenden Gruppe handelt und die nstandsetzung längere Zeit in Anspruch nimmt.

Hauptantrieb

Vorteile. Die Gesamtanlage wird nicht nach den löchstleistungen der einzelnen Arbeitsmaschinen, sonern nach einem gleichzeitigen Belastungswert berechnet, er auf Grund der Erfahrungen etwa 40 bis 50 vH der rößten Leistung aller aufgestellten Maschinen entspricht. elbst größere Belastungsstöße, wie sie im Sägewerk äufig vorkommen, werden von den umlaufenden Riemencheiben und Schwungmassen leicht überwunden. Beim inzelantrieb ist das nicht der Fall, da hier Schwungassen fast ganz fehlen.

Arbeit leerlaufender Transmissionen zu ersparen, st bis zu einem gewissen Grad auch hier möglich, da die rbeitsmaschinen gruppenweise aufgestellt werden önnen, so daß beim Stillstand einer Gruppe auch deren laupttransmission ruht. Zu beachten ist hierbei noch, aß die Aufstellung der Gruppen in der Reihenfolge von er Antriebsmaschine aus vorgenommen wird, die durch ie Betriebswahrscheinlichkeit bedingt ist, z. B. müßten ur ersten Gruppe etwa gehören: ein Stromerzeuger ür die außerhalb des eigentlichen Werkes oder auch für esondere Maschinen im Werk erforderlichen Elektronotoren und für das Licht, ein Lüfter, der immer läuft, venn eine Arbeitsgruppe im Betrieb ist, Förderer nd gegebenenfalls andre Maschinen, die nicht zu einer igentlichen Arbeitsgruppe gehören. Dann würde diejenige Gruppe folgen, die nach der Betriebsart am wenigsten zum Stillstand kommt, usw.

Nachteile. Alle Arbeitsmaschinen sind in bezug auf den Ort ihrer Aufstellung von Transmissionen abhängig, was allerdings den Arbeitsgang bei richtiger Anordnung nicht beeinflußt. Die vielen Riemen sind vielfach eine gewisse Gefahrenquelle für Personen. Letzten Endes muß aber in der Regel der Grad der Wirtschaftlichkeit einer Anlage für die Wahl ihrer Ausführung bestimmend sein.

Für die entsprechenden Berechnungen soll ein

mittleres Sägewerk für gemischte Fabrikation

angenommen werden.

In Zahlentafel 1 sind die Arbeitsmaschinen, gruppenweise angeordnet, mit den erforderlichen Antriebmotoren und ihren Drehzahlen angeführt.

Zahlentafel 1

Gruppe		Leistung der Antriebmotoren PS	Drehzahl der Antriebmotoren Uml./min
1	Lüfter	30	950
	Förderer	2 × 10	950
	Tischkreissäge	4	1450
	Spaltmaschine	6	950
2	95er Gatter	45	750
	Besäumsäge	25	1450
	Kappsäge	7,5	1450
	Bündelholzsäge	10	1450
	Bandsäge	8	950
3	65er Gatter	35	750
	Besäumsäge (600 mm Blatt-Dmr.)	25	1450
	Kappsäge	7,5	1450
	Bündelholzsäge	10	1450
	Bandsäge (800 mm Rollen-Dmr.)	6	950
4	Bauholzsäge	50	1450
	Trennbandsäge	30	950
	Verein. Säum- und Lattensäge	30	950
	Kappsäge	8	1450
	Bündelholzsäge	10	1450
5	65er Gatter	30	750
	Besäumsäge (500 mm Blatt-Dmr.)	20	1450
	Kappsäge	7,5	1450
	Bündelholzsäge	10	1450
	Bandsäge (1000 mm Rollen-Dmr.)	8	950
	1 bis 5	442,5	

Die Maschinenaufstellung wird gruppenweise so vorgenommen, daß Fließarbeit möglich ist und besondere Fördereinrichtungen von einer zur andern Maschine kaum notwendig werden.

Um aus den Maschinen die Höchstleistung herauszuholen, ist es nach vorgenommenen Versuchen unbedingt erforderlich, Motoren der angegebenen Leistungen einzubauen. Bei dieser Gelegenheit soll noch besonders auf die oft vertretene, irrtümliche Meinung hingewiesen werden, man könne den Elektromotoren auch manchmal etwas mehr zumuten: sie würden Belastungsstöße, die über ihre Leistung wesentlich hinausgehen, ohne weiteres überwinden. Gewiß tun sie das in vielen Fällen, aber diese Überlastungen sind gefährlich, und leicht kann ein Belastungsstoß, wie er bei den Holzbearbeitungsmaschinen häufig auftritt, die Ursache eines größeren Schadens sein. Beachtenswert ist es auch, daß die heute gebauten Motoren gegenüber denjenigen, die vor dem Kriege gebaut

wurden, teilweise ein bis 35 vH kleineres Gewicht haben; diese Ersparnis an Baustoff wurde durch technische Fortschritte in der Zwischenzeit möglich, aber auch die Überlastbarkeit der jetzt gebauten Motoren geht vielfach auf ihre Kosten. Auch ist beim Einzelantrieb, wenn er in dem einen oder andern Fall günstiger ist, möglich, an dem Riemenantrieb festzuhalten, da der Riemen als elastisches Zwischenglied mitunter für die Arbeitsmaschine und auch für den Motor sehr vorteilhaft ist.

Über den erforderlichen Kraftbedarf scheint selbst in den einschlägigen Kreisen noch große Unklarheit zu herrschen; denn vor einiger Zeit konnte man in einer Fachzeitschrift für Sägewerke lesen, daß die Gatterfabriken den Kunden gegenüber die erforderliche Antriebleistung deshalb zu klein nennen, damit ihre Gatter nicht als unwirtschaftlich bezeichnet werden, während anderseits eine Großfirma der elektrotechnischen Industrie in ihren Propagandaschriften behauptet, daß die Angaben für die Größe des Kraftbedarfes eines Gatter im allgemeinen über das richtige Maß hinausgehen, was wirtschaftlich ein großer Nachteil sei.

Einzelantrieb. Wie Zahlentafel 1 zeigt, sind für die im Bereich der Haupttransmission liegenden Arbeitsmaschinen im Falle des Einzelantriebes 442,5 PS tatsächlich einzubauen. Der Kraftbedarf derjenigen Arbeitsmaschinen außerhalb des Werkes, z. B. für Rundholz-Ablängesäge, Krane oder sonstige Fördereinrichtungen, im Schärfmaschinenraum, in der Werkstätte, gegebenenfalls einer Hobelmaschine, die in einem Trockenschuppen aufgestellt wird, soll zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit ausgeschaltet werden, da für diese Maschinen überhaupt nur elektrischer Einzelantrieb in Betracht kommen kann.

Wie eingangs erwähnt, ist die gleichzeitige Belastung nicht größer als 50 vH der eingebauten Leistung. Der Grund hierfür liegt darin, daß einesteils die einzelnen Maschinen nie gleichzeitig bis zur Höchstleistung beansprucht werden und anderseits eine Anzahl Maschinen, z. B. Bündelholzsäge, Kappsäge und Besäumsäge, überhaupt nur schnittweise arbeiten.

Während also $442{,}5 \cdot 0{,}5 =$ rd. 225 PS tatsächlich zum Antrieb ausreichen, müssen beim Einzelantrieb 442,5 PS eingebaut werden; wenn auch der Wirkungsgrad der Elektromotoren über einen bestimmten Belastungsbereich nahezu konstant bleibt, so kann unter Berücksichtigung von 50 vH Motorausnützung doch höchstens mit einem Motorwirkungsgrad von 0,8 gerechnet werden. Die von den Motoren zur Abgabe von 225 PS aufgenommene Leistung beträgt somit $\frac{225}{0{,}8} \cdot 0{,}736 = 207$ kW. Da auch in den Zuleitungen von der Verteilung bis zu den Motoren ein Leitungsverlust entsteht, müßte ein Stromerzeuger von mindestens 210 kW aufgestellt werden.

Als Stromart würde aus verschiedenen Gründen am zweckmäßigsten Drehstrom verwendet werden, u. a. deshalb, weil die Drehzahl dieser Motoren nahezu unabhängig von der Belastung ist, was bei den üblichen Gleichstrommotoren nicht der Fall ist.

Nachdem aber nur mit einer 0,5fachen gleichzeitigen Belastung zu rechnen ist, wird die Anlage einen Leistungsfaktor von höchstens 0,65 haben, demzufolge wäre ein Stromerzeuger von etwa 325 kVA zur Abgabe der erforderlichen Leistung notwendig. Bei genauerer Prüfung stellt sich heraus, daß einige der größeren Motoren, als kompensierte Motoren ausgeführt, in der Lage sind, den Leistungsfaktor so zu verbessern, daß mit einem Stromerzeuger von etwa 250 kVA auszukommen ist. Dieser Stromerzeuger hat einen Wirkungsgrad von etwa 0,85, so daß die Antriebmaschine (Lokomobile, Dampfmaschine oder Turbine) an die Riemenscheibe des Stromerzeugers $\frac{210}{0{,}85} = 248{,}5$ kW beim elektrischen Einzelantrieb abzugeben hat.

Wie wir vorhin gesehen haben, erfordern die Arbeitsmaschinen im Mittel 225 PS (166 kW), während wir zu dieser Leistung von der Hauptantriebmaschine 248,5 kW abgeben müssen. Etwa 82,5 kW gehen also verloren, oder die Anlage hat einen Gesamtwirkungsgrad von 67 pCt.

Hauptantrieb. Dieselben Verhältnisse, für den Hauptantrieb untersucht, zeigen: Antriebleistung der Arbeitsmaschinen = 225 PS, für Riemen und Transmissionsverluste gehen, hoch gerechnet, 40 PS verloren, so daß 265 PS (195 kW) von der Hauptantriebmaschine für denselben Zweck, für den beim Einzelantrieb 248,5 kW nötig sind, aufgebracht werden müssen.

Vergleich. Bei einer Betriebszeit von 2500 h/Jahr sind für den Einzelantrieb $2500 \cdot (248{,}5 - 195) =$ 133 800 kWh mehr zu erzeugen; rechnet man 0,06 ℳ/kWh, so entstehen an Mehrkosten für Kraft rd. 8000 ℳ. Arbeitet ein derartiger Betrieb nicht voll und müssen aus irgendwelchen Gründen einzelne Maschinen stillgelegt werden, so wird bei der angegebenen Abschaltmöglichkeit in Gruppen der Betrieb mit nahezu demselben Wirkungsgrad weiterlaufen. Wenn die Anhänger des Einzelantriebes behaupten, daß es bei diesem jederzeit möglich ist, einzelne Maschinen abzuschalten, wobei dann kein weiterer Leistungsverbrauch für Leerlauf notwendig ist, so vergessen sie, daß der die Anlage speisende Stromerzeuger auch beim Abstellen einzelner Maschinen, und zwar mit schlechterem Wirkungsgrad, weiterlaufen muß.

Eine Gegenüberstellung der für die Anlage aufgewandten Kapitalien zeigt, daß

1. für den Einzelantrieb erforderlich sind:

Stromerzeuger, 250 kVA, die Leistung für außenliegende Motoren nicht einbegriffen, einschließlich Regel- und Schalteinrichtung	7 000 ℳ
Schaltanlage mit Zubehör	10 000 „
Leitungen von der Schaltanlage zu den Motoren im Mittel 40 m	3 500 „
Motoren einschließlich Anlaß- und Schalteinrichtung	21 600 „
also insgesamt	42 100 ℳ

2. für den Hauptantrieb aufzuwenden sind:

Transmission rd. 3800 kg (0,80 ℳ/kg) . .	3 040 ℳ
drei Gruppenkupplungen für die Transmission mit Zubehör zu 1500 ℳ	4 500 „
drei Riemenscheiben mit Kupplungen für Gatter zu 1500 ℳ	4 500 „
rd. 20 Haupt- und 30 Nebenlager	2 100 „
rd. 3400 kg Riemenscheiben (0,60 ℳ/kg) .	2 040 „
Einbau der Transmission	1 200 „
Mehrbedarf an Riemen gegenüber dem Einzelantrieb	3 000 „
somit insgesamt	20 380 ℳ

Die Motoren, die auf Fundamenten rd. 0,4 m hoch aufgestellt werden, erfordern dazu rd. 14 m³ Beton, nahezu genau dieselbe Menge erfordern die Fundamente der Haupttransmissionslager. Die Transmissionsanlage befindet sich im Sägekeller, die Nebentransmissionen werden an die Kellerdecke, die ohnehin sehr kräftig zur Aufnahme der über ihr befindlichen Lasten ausgeführt werden muß, aufgehängt und treiben von hier die auf dem Sägeboden stehenden Arbeitsmaschinen an. Die laufenden Unterhaltungskosten für Öle, Riemenverschleiß, Bedienung und Instandsetzung werden einander ziemlich die Wage halten. Nebenbei sei bemerkt, daß die nicht in das Kapitel Einzelantrieb gefaßten Motoren und die Beleuchtung eines Sägewerkes dieser Größe eine Stromerzeuger-Leistung von etwa 100 kVA erfordern.

Wird großer Wert auf Betriebsicherheit gelegt und steht Fremdstrom zur Verfügung, so wird beim Einzelantrieb ein entsprechend großer Transformator für Parallel- oder Umschaltbetrieb aufgestellt. Beim Hauptantrieb dagegen müßte ein Aushilfsmotor, möglichst für Hochspannung, um den Transformator mit seinen Verlusten zu sparen, zum Antrieb der Haupttransmission und ein kleinerer Transformator für die übrigen Motoren und das Licht, bereitgestellt werden.

Der Gruppenantrieb, der bis jetzt noch nicht erwähnt wurde, ist ein Zwischenglied zwischen Einzel- und Hauptantrieb. Er ist nur dort wirtschaftlich, wo die Maschinenaufstellung räumlich auseinander gezogen und

damit zu rechnen ist, daß während längerer Zeit nur die eine oder andere Gruppe arbeitet. In diesem Fall ist Fremdstromanschluß sehr zweckmäßig und jeweils zu untersuchen, ob z. B. beim Betrieb von nur einzelnen Gruppen nicht Fremdstrombezug wirtschaftlicher ist als die schlecht belastete Eigenanlage.

Zusammenfassend ergibt eine Gegenüberstellung des Einzelantriebes mit dem Gruppenantrieb folgendes Bild:

Im Vergleich mit dem Einzelantrieb ist der Gruppen- und Hauptantrieb in bezug auf

Betriebsicherheit	besser
Wirkungsgrad	besser
Raumbedarf	schlechter
Maschinenaufstellung	schlechter
Anschaffungskosten	besser
Unterhaltungskosten	ebenso gut
Übersichtlichkeit	schlechter.

Im Vergleich mit dem Gruppenantrieb ist der Hauptantrieb in bezug auf

Wirkungsgrad	besser
Betriebsicherheit	besser
Raumbedarf	ebenso gut
Maschinenaufstellung	schlechter
Anschaffungskosten	besser
Unterhaltungskosten	ebenso gut
Übersichtlichkeit	schlechter

Wenn auch aus der Untersuchung einwandfrei der Hauptantrieb als der wirtschaftlichere hervorgeht, so soll damit nicht gesagt sein, daß der Einzelantrieb in der Sägeindustrie überhaupt unwirtschaftlich ist. Es gibt auch Fälle, bei denen man nach einer Kalkulation den Einzelantrieb wählen und dessen Nachteile in den Kauf nehmen wird. Es ist deshalb unerläßlich, die Antriebsfrage von Fall zu Fall zu entscheiden. [B 2415]

M. U.

Austausch elektrischer Energie zwischen Ländern[1])

Verhandlungen der Weltkraftkonferenz, Sondertagung Basel 1926

Von Dr. Robert Haas, Rheinfelden

In der Teilsitzung der Gruppe B wurde über den Austausch elektrischer Energie zwischen Ländern vor einer zahlreichen Zuhörerschaft verhandelt, und zwar auf Grund der Berichte von Genissieu (Frankreich), Dr. R. Haas, Rheinfelden (Deutschland), H. Nieß, Baden (Schweiz), T. F. Krarup (Dänemark), Kelly (U.S.A.) und Dr. H. Trümpy (Schweiz). Den Inhalt der Berichte faßte der schweizerische General-Berichterstatter, Prof. Landry, Lausanne, in französischer Sprache zusammen. Seine Ausführungen sind im folgenden auszugsweise wiedergegeben.

Der Austausch elektrischer Energie zwischen Ländern ist ein Sonderfall des internationalen Warenaustausches; dabei gibt alles, was sich auf die Erzeugung, die Fortleitung, die Verteilung und die verschiedenartigen Anwendungen der Elektrizität bezieht, diesem Fall einen besonderen Charakter.

Neben der Stromein- und -ausfuhr streng örtlicher Natur besteht ein bedeutender Austausch nur zwischen den folgenden Ländern oder Ländergruppen:

1. zwischen der Schweiz einerseits und Deutschland, Frankreich, Italien anderseits,
2. zwischen Schweden und Dänemark,
3. zwischen Kanada und den Vereinigten Staaten.

Vom geographischen Standpunkt aus betrachtet befindet sich also der Austausch elektrischer Energie erst in seinen allerersten Anfängen. Der bestehende zwischenstaatliche Austausch findet fast nur auf eine einzige Art statt, nämlich von Ländern mit Überfluß an Wasserkräften nach solchen Ländern oder Länderteilen, wo diese fehlen und wo man sich — aus Mangel an eigenen Brennstoffen — darauf beschränken muß, die elektrische Energie mit teuren Mitteln zu erzeugen.

Die Schweiz, ein Land, das Wasserkräfte im Überfluß besitzt und wo der Grad der Ausnutzung der Elektrizität sehr hoch ist (97,5 vH aller Ortschaften haben elektrische Verteilnetze), ist seit ungefähr 20 Jahren ein ausgesprochenes Ausfuhrland. Die Energieverkäufe ins Ausland wuchsen im Jahre 1925 auf rd. 650 Mill. kWh, d. h. rd. 13 vH der gesamten Erzeugung. Davon bezog Frankreich, ein Einfuhrland für Energie, im Jahre 1925 rd. 300 Mill. kWh, d. h. 46 vH der schweizerischen Ausfuhr oder 3 vH der gesamten Erzeugung Frankreichs.

Kanada, das ebenfalls reich an Wasserkräften ist, führte elektrische Energie nach den Vereinigten Staaten aus vom Augenblick an, in dem die ersten Kraftwerke auf dem kanadischen Ufer des Niagarafalles dem Betrieb übergeben wurden. Im Jahre 1911 betrug die Ausfuhr 540 Mill. bei 800 Mill. kWh (67,8 vH) Gesamterzeugung und 1926 sogar 1,36 Milliarden kWh auf 4,935 Milliarden Gesamterzeugung (27,5 vH).

Dänemark führt elektrische Energie ein, die ihm Schweden mittels unterseeischer Kabel liefert. 25 schwedische und dänische Kraftwerke arbeiten auf ein gemeinsames Netz mit 150 000 kW Gesamtleistung.

Aus den spärlichen Auskünften, die man hier und da erhält, könnte man schließen, daß Kanada mit seinen 9 Mill. Einwohnern (1924) jährlich ungefähr 155 kWh je Einwohner ausführt, während rd. 900 kWh auf seinem eigenen Boden verbraucht werden. Die Schweiz mit ihren 4 Mill. Einwohnern führt hingegen ungefähr 166 von je 700 kWh aus, während z. B. Frankreich rd. 7 von je 250 verbrauchten kWh einführt.

Es ist für ein Elektrizitätswerk das richtigste, nur so viel zu erzeugen, als das mit ihm verbundene Netz von ihm braucht. Kraftwerk und Netz müssen den Anforderungen genügen, die der Bedarf der Menschen je nach Tagesstunden und Jahreszeiten verlangt. Bei den hierdurch auftretenden Schwankungen ergibt sich die Unmöglichkeit für ein allein arbeitendes Wasserkraftwerk, die verfügbare Kraft richtig auszunutzen, daher auch der Zwang, die Preise nicht an dessen Erzeugungsfähigkeit anzupassen, sondern mit den Absatzmöglichkeiten zu rechnen.

Dies ist selbstverständlich nicht mehr der Fall, wenn mehrere verschiedenartige Kraftwerke durch Verteilnetze miteinander verbunden sind: z. B. Flußwerke zur Deckung des ständigen Bedarfes, Kraftwerke mit Tagesspeicher, Kraftwerke mit Jahreszeitenspeicher und Wärmekraftwerke, womit man den täglichen Schwankungen und den Verbrauchspitzen begegnen kann. Die Art und Weise, wie diese verschiedenartigen miteinander vermischten Energiemengen verwertet werden, und die Art der Ausnutzung der Gesamtenergie sowie einzelner Teile davon können so gewählt werden, daß der Selbstkostenpreis und somit auch der Verkaufpreis für die Energie im entsprechenden Netze bedeutend herabgesetzt werden kann.

Die Wirksamkeit einer Verbindung verschiedener Kraftwerke ist nicht vollständig, solange die Verbindung nicht in solche Gegenden reicht, aus denen Ergänzungsenergie bezogen werden kann. Es wird immer eine Verteilung der Gewässer und der festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffe geben, es wird ebenfalls immer Ungleichheiten in den Niederschlägen geben, die derart sind, daß trotz alles Guten, das die Verbindungen innerhalb eines einzelnen Landes zeitigen, doch immer in gewissen Ländern Überschüsse oder Mängel regelmäßig wiederkehrender oder ständiger Natur auftreten werden. Dann wird es erforderlich, zur zwischenstaatlichen Verbindung zu schreiten, deren Zweck es sein wird, nicht nur örtlichen und unvollständigen Austausch in beiden Richtungen oder wechselwirkend zu ermöglichen, sondern den wahren Austausch möglich zu machen.

Beispiele hierfür sind die ersten Versuche wirklichen Austausches, die durch die Verbindung des schweizerischen Verteilnetzes mit den Kohlengebieten des Nordostens Frankreichs und der deutschen Rheinlande erzielt wurden: Verbindung der Compagnie Lorraine d'Electricité mit Gösgen, Verbindung des Goldenberg-Werkes am Niederrhein mit Laufenburg, zwischen den schweizerischen Kraftübertragungswerken mit ihren Speisepunkten, den Kraftwerken Laufenburg, Gösgen, Eglisau und Amsteg einerseits und dem Badenwerk und dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk anderseits.

In dieser Art wird sich notwendigerweise die Mehrzahl der bestehenden zwischenstaatlichen Verbindungen entwickeln, und es ist zu wünschen, daß nach und nach die Hindernisse verschwinden werden, die sich fast noch überall gegen den Austausch richten.

[1]) Die gesamten Berichte und Erörterungen über diese und die andern auf der Weltkraftkonferenz verhandelten Gegenstände erscheinen in vier Sprachen unter dem Titel „Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926" im Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel; Preis 125 Schw. Fr. Den Alleinvertrieb für das Deutsche Reich hat die VDI-Buchhandlung.

Die Aufgabe des Austausches wäre einfach, wenn sie wie Freihandelsverträge behandelt würde, wenn also Lieferer und Käufer allein vorhanden wären. Die Hindernisse sind abhängig vom internationalen Handelsrecht oder vielmehr vom Fehlen eines solchen, das in Form von Verträgen vereinheitlicht wäre. Dr. Trümpy gelangt in seinem Bericht zu dem Schlusse, daß es in Anbetracht der äußerst verwickelten und verworrenen Rechtslage, die das internationale Gebiet beherrscht, das beste wäre, wenn die vertragschließenden Parteien die Verträge selber festsetzen. Hierbei müßte man die Verträge durch Schiedsgerichte ergänzen. Die andern Hindernisse sind abhängig vom nationalen Staatsrechte eines jeden Landes, mit seinem Gefolge von Gesetzen, Bestimmungen und Verordnungen.

Kanada ist ein mit Wasserkräften sehr reich gesegnetes Land. Seine 9 Millionen Einwohner besitzen (1924) in den vier Provinzen Britisch Kolumbien, Ontario, Quebec und Neu-Braunschweig 4 Mill. ausgebaute Pferdekräfte bei 31 Mill. ausbaufähiger Pferdekräfte. In der Provinz Quebec allein sind 15 Mill. PS ausbaufähig, wovon erst 1,75 Mill. ausgebaut sind. Dieses Land führt gegenwärtig fast ausschließlich elektrische Energie nach den Vereinigten Staaten aus.

Nach dem Gesetz vom 27. April 1907, das die Ausfuhr von elektrischer Energie regelt, darf niemand ohne Ermächtigung elektrische Energie ausführen und zu diesem Zweck elektrische Leitungen bauen. Es ermächtigt den Regierungsstatthalter, Richtlinien festzulegen, die sich auf die Ausfuhr beziehen und die derart sein müssen, daß die einheimische Bevölkerung bedient sein muß, bevor Energie ins Ausland geliefert wird. Das Gesetz sieht ebenfalls Steuern und Abgaben vor, die innerhalb gewisser Grenzen auf die gleiche Art bestimmt werden sollen. Bis zum Jahre 1925 war die Energieausfuhr durch keine Abgaben belastet, sodann wurde eine Steuer von 0,126 $/kWh erhoben.

In der Provinz Quebec, in der die Ausfuhr von elektrischer Energie den Gegenstand besonders heftiger Auseinandersetzungen gebildet haben muß, wurde diese Gesetzgebung noch bereichert durch ein besonderes Gesetz, das die Ausfuhr erschwert oder rückgängig macht.

In den Vereinigten Staaten, Deutschland und Italien gibt es weder für die Regelung der Einfuhr, noch der Ausfuhr elektrischer Energie irgendwelche Gesetze.

In Frankreich ist die Einfuhr freigegeben, und es muß nur die Umsatzsteuer auf das Stromgeld entrichtet werden. Die Ausfuhr der aus Wärme erzeugten elektrischen Energie ist frei, und die aus Wasserkraft erhaltene kann nach vorangegangener Untersuchung freigegeben werden.

Dänemark hat die Bewilligung für die Einfuhr einer beträchtlichen Energiemenge, die von Schweden kommt, gegen Bezahlung einer Abgabe, die 7½ vH des Wertes der elektrischen Energie ausmacht, erteilt. Im Augenblick untersucht man einen Einfuhrplan für elektrische Energie norwegischen Ursprungs, die durch Schweden hindurchgeleitet werden würde.

Die Gesetzgebung der Schweiz, die 1925 172 000 kW Höchstleistung ausführte, in bezug auf Ausfuhr elektrischer Energie bestimmt sich aus folgendem:

1. Durch das „Bundesgesetz betreffend die Ausnutzung von Wasserkräften" vom 22. Dezember 1916, dessen Artikel 8 vorschreibt, daß die Ableitung von Wasser und die Abgabe der aus einem Gewässer erzeugten Kraft ins Ausland der Bewilligung des Bundesrates bedarf. Die Bewilligung soll nur erteilt werden, wenn das öffentliche Wohl durch die Ausfuhr nicht beeinträchtigt wird, und nur so weit, wie voraussichtlich das Wasser oder die Kraft für die Zeit der Bewilligung im Inlande keine angemessene Verwendung findet.

2. Durch die „Verordnung betreffend die Ausfuhr elektrischer Energie" vom 4. September 1924. Diese gibt genaue Einzelbestimmungen, wie Prüfung der Gesuche durch eine Sonderkommission u. a.

Der Austausch von elektrischer Energie zwischen Ländern befindet sich in seinem Anfangszustand. Gegenwärtig findet er bloß zwischen einigen benachbarten Ländern statt. Seine Zweckmäßigkeit steht außer Zweifel, und man kann nur wünschen, daß er sich entwickeln möge.

Alle Länder haben Vorteil von dem Austausch, da er das wirksamste Mittel darstellt, um den von Tag zu Tag unentbehrlicher werdenden elektrischen Strom mehr und mehr allen Anwendungsgebieten zugänglich zu machen. Alle Länder sollten daher diesen Austausch über die Grenzen erleichtern, ihn auf keine Weise hemmen und ihm keinerlei Gebühren auferlegen.

Die mit Wasserkräften ausgestatteten Länder haben davon besonderen Vorteil; denn der durch die Gefälle erzeugte Einheitspreis der elektrischen Energie (kWh) ist um so niedriger, als die Krafteinheit (kW) während einer größeren jährlichen Stundenzahl ausgenutzt wird, und die einheimischen Verbraucher können nur Vorteile erzielen durch alles, was entsprechend der Ausfuhr des sommerlichen Überflusses diese Stundenzahl und diesen Ausnutzungsgrad vergrößern kann. Die Länder, in denen der Energieeinheitspreis von der Ausnutzungsstundenzahl praktisch unabhängig ist, kommen ebenfalls auf ihre Rechnung; indem sie zu angemessenem Preis Energie, die sonst unbenutzt bleiben würde, einführen (Sommerenergie, zeitweilige Freigaben während aller Jahreszeiten), sind sie imstande, Ersparnisse zu machen, die den Beziehern nur zum Wohle gereichen können. Vom wirtschaftlich-technischen Standpunkt aus betrachtet muß deshalb alles getan werden, um den Energieaustausch zu entwickeln.

In dem darauf stattfindenden Meinungsaustausch ergänzten die obenerwähnten Berichterstatter — mit Ausnahme von Dr. Trümpy, der abwesend war — ihre Berichte durch kurze tatsächliche Mitteilungen, und es schloß sich daran eine eingehende Aussprache. Die Berichte ergänzten sich insofern recht gut, als der französische Berichterstatter in erster Linie die für Frankreich zutreffenden gesetzlichen Bestimmungen bearbeitet hatte, während Nieß die technisch-wirtschaftlichen Fälle bestimmter Gebiete im einzelnen beschrieb und Dr. Haas die Frage mehr vom rein wirtschaftlichen Standpunkte des Warenaustausches behandelte und die Möglichkeiten und Vorteile eines erhöhten Austausches elektrischer Arbeit zwischen den Ländern betonte. Dr. Trümpy hatte in seinem Bericht die rechtliche Seite besonders erörtert und wertvolle Ratschläge gegeben.

Yamaguchi (Japan) wies darauf hin, daß die Gesetzgebung in Japan für den Austausch elektrischer Energie keine Schwierigkeiten bereite und daß gerade von wirtschaftlichen Gesichtspunkten aus der Stromausfuhr besondere Aufmerksamkeit geschenkt werde. Arbelot (Frankreich) sprach von den Schwierigkeiten, die in dieser Frage herrschten, insbesondere von den Befürchtungen der Industrie gegenüber der möglichen Abhängigkeit von einem fremden Lande. Dr. Haas betonte im besonderen, daß es schwer verständlich sei, daß die Gesetzgebung der Länder dem Energieaustausch mannigfache Schwierigkeiten entgegensetze, da doch der Handel mit dieser wertvollen und veredelten Gebrauchsware eher erleichtert als erschwert werden sollte. Am besten wäre es, wenn man sich von jeder Gesetzgebung freihielte und Aus- und Einfuhr der elektrischen Arbeit so behandelte, wie Aus- und Einfuhr andrer Waren. Ähnliche Gedankengänge wurden auch von andrer Seite geltend gemacht.

Schließlich wurde eine Entschließung abgefaßt von etwa folgendem Wortlaut:

> „Die Weltkraftkonferenz, versammelt zu einer Sondertagung in Basel, anerkennt, nachdem sie die Berichte der Sektion B gelesen und gehört hat, die Nützlichkeit und die Wichtigkeit des Zusammenschlusses, der zu erleichtern ist. Es soll bei den Behörden dahin gewirkt werden, alle Formalitäten zu vermeiden, die die freie Entwicklung hemmen und wirtschaftliche Vorteile in Frage stellen. Man möge sich mit der „Commission Electrotechnique Internationale" ins Einvernehmen setzen, daß dem Energieaustausch keine Schranken mehr gesetzt werden und eine Zusammenarbeit auf internationalem Boden und die Weiterentwicklung der Normung von Hochspannungs-Übertragungsleitungen gewährleistet wird."

Diese Entschließung, die nicht mehr dem Zentralkomitee vorgelegen hat, wurde der Gesamtversammlung zur Kenntnis gegeben. Alle Delegierten der Länder, sowie alle Teilnehmer stimmten dieser Entschließung einstimmig und nicht ohne Begeisterung zu.

Ähnliche Gedankengänge wurden auch in der im Dezember 1923 beim Völkerbund stattgefundenen Beratung über das „Übereinkommen über die Durchleitung elektrischer Arbeit" und das „Übereinkommen über die Nutzbarmachung von Wasserkräften, an denen mehrere Staaten beteiligt sind" ausgesprochen und zur besseren Durchführung dieser zwischenstaatlicher Gemeinschaftsarbeit ein „Ständiger Ausschuß für elektrische Fragen" beim Völkerbund ins Leben gerufen, dem der Verfasser als Vertreter Deutschlands angehört. [N 74]

Entwurf von Sägewerken[1])

Die Ingenieure haben der Holzbearbeitung in den letzten Jahrzehnten im allgemeinen nur eine sehr geringe Beachtung geschenkt, die nicht im rechten Verhältnis zu den Werten, die in der Holzindustrie verarbeitet werden, oder zu der Zahl der Menschen, die mit der Gewinnung und Verarbeitung des Holzes beschäftigt sind, zu stehen scheint. Nach der letzten Gewerbezählung vor dem Kriege waren in Deutschland mit dem Gewinnen und Verarbeiten von Holz rd. 1 910 000 Menschen, mit der Gewinnung und Verarbeitung von Eisen rd. 1 980 000 Menschen beschäftigt.

Auf wie viel Ingenieure der Eisen- und Maschinenindustrie kommt dabei ein Ingenieur der Holzindustrie? Diese Frage wird im Vorwort des kürzlich erschienenen Fachheftes „Holzbearbeitung" der Zeitschrift „Maschinenbau"[1a]) aufgeworfen. Erst in der allerjüngsten Zeit zeigen sich an vielen Stellen Ansätze, die wissenschaftlichen und ingenieurmäßigen Wege zu einer wirtschaftlicheren Gestaltung der Holzbetriebe zu finden[2]).

Bei der Einrichtung von Sägewerken ist heute auf zwei Punkte das Hauptgewicht zu legen: auf die Vorrichtungen zur Bringung des zu bearbeitenden Holzes und auf Betrieb der Maschinen mit möglichst hohen Schnittgeschwindigkeiten.

Die Leistung der Sägewerkmaschinen ist durch Vervollkommnung der einzelnen Bauteile, eingehende Versuche mit geeigneten Werkzeugen und Verwendung zweckentsprechenden Werkstoffes auf eine immer höhere Stufe gebracht; der Bringung des zu bearbeitenden Materials wurde bisher weniger Aufmerksamkeit geschenkt. Und doch bildet gerade die Bringung einen wesentlichen Faktor. Das Stapeln des Holzes vor, hinter und zwischen den Maschinen erfordert einen zu hohen Lohnaufwand, der in keinem rechten Verhältnis zu den eigentlichen Kosten des Holzeinschnittes steht. Zweckentsprechende Vorrichtungen ermöglichen es, die Betriebs-Gemeinkosten, vor allen Dingen die Hilfslöhne, auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Viel einfacher als die meist übliche Stapelung neben dem Gatter gestaltet sich die Bringung mittels eines Kettenauf- oder -einzuges, Abb. 1 bis 3. Der Stamm wird unmittelbar vom Rundholzplatz oder bei Anflößung vom Wasser der Kette zugeführt. Die angetriebenen Ketten tragen einfache Mitnehmerspitzen oder U-förmige Gelenke, die den Stamm erfassen und mit einer Geschwindigkeit von 12 bis 21 m/min selbsttätig bis neben den Gattereinzug befördern. Ist der Stamm am Gatter angelangt, so wird die Bewegung der Kette durch Anstoßen des Stammes an eine Auslösvorrichtung unterbrochen. Zu dieser Arbeitsleistung ist keine menschliche Hilfskraft notwendig; erst jetzt tritt der das Gatter bedienende Arbeiter, der Gatterist, in Tätigkeit. Je nach der konstruktiven Ausführung werden mit Seilzug oder Fußtritt zwei oder drei Greifer (je nach der Länge der Stämme) in Betrieb gesetzt, die den Stamm auf die bereitstehenden Wagen legen. Ist dies geschehen, und sind die Greifer in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt, so beginnt die Kette wieder ihre selbsttätige Bewegung, um den nächsten Stamm heranzubringen. Das Einspannen nimmt bei Verwendung von Schnellspannwagen, Abb. 4, höchstens ein Drittel der früher nötigen Zeit in Anspruch. Das Holz wird fester gespannt und kann gleichzeitig ausgerichtet und gedreht werden. Auch hierfür ist ein weiterer Arbeiter nicht nötig.

[1]) „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 67. [1a]) Bd. 6 (1927) Heft 2.
[2]) Vergl. a. O. Beck, Die Stückzeitberechnung für Holzbearbeitungsmaschinen, Berlin 1926, VDI-Verlag.

Abb. 4
Aufgespannter Stamm mit Wagen

Die Einzugwalzen werden bei gewöhnlichen Gatterbauarten noch mit der Hand hoch und tief verstellt. Bei den neuzeitlichen, sogenannten Hochleistungsgattern, ist die obere Walze derart ausgebildet, daß sie von selbst steigt und sich in gewissen Grenzen dem Durchmesser des Stammes entsprechend selbsttätig einstellt.

Kurz bevor der Stamm ganz ausgeschnitten ist, stößt der Einspannwagen gegen einen Anschlag, die Zangen lösen sich selbsttätig und geben den Stamm frei, damit er ganz durchschnitten werden kann. Beide Wagen laufen selbsttätig in ihre Anfangstellung zurück, so daß man mit dem Aufspannen des nächsten Stammes beginnen kann. Das Schnittholz kommt dann auf eine Rollenbahn, die es selbsttätig einem Nachschneidegatter oder einer Besäumkreissäge zuführt. Die Schwarten werden vorher von einem Arbeiter abgenommen, auf ein Förderband gelegt und so zur Weiterverarbeitung, Verladung oder Stapelung außerhalb des Werkes befördert. In kleineren Werken empfiehlt es sich, eine Kappsäge vor der Besäumkreissäge einzubauen, um schon hier schlechtere Teile des Schnittholzes auszukappen oder Bretter vorzukappen.

Sobald die Hölzer besäumt oder gekappt sind, verlassen sie die Halle auf Rollenbahnen oder Förderbändern und können bei größeren Werken durch besondere selbsttätige Sortieranlagen[2a]) gesondert abgelegt und auf Laufwagen oder unmittelbar zur Verladung auf Bahnwagen gebracht werden.

[2a]) O. Schlegel, Neuzeitliches Sägewerk mit selbsttätiger Sortieranlage, „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 827.

A
B
130 Uml/min
Kettengeschwindigkeit (Vorschub) rd. 21 m/min
Schnitt A–B
RMG 1240 Z

Abb. 1 bis 3
Blockaufzug mit endloser Kette

Abb. 5 und **6**
Entwurf eines Sägewerkes mit selbsttätiger Holzbewegung und Einrichtung zur Kistenfertigung

a, b, c Gatter verschiedener Größe *d* Besäumkreissäge *e* Lattensäge *f* Trennkreissäge *g* Parallel-Besäumkreissäge *h* mehrblättrige Justiersäge *i* Kappsägen *k* Anschlagschilder *l* Blockaufzüge mit Kettenförderern *m* Ausstoßvorrichtungen *n* Schnellspannwagen vor dem Gatter *o* Hilfswagen vor dem Gatter *p* Schnellspannwagen hinter dem Gatter *q* Hilfswagen hinter dem Gatter *r* Förderketten für den hinteren Schnellspannwagen *s* Auswerfvorrichtung für Seitenholz *t* Rollentische der Kappsägen *i* *u* Rollentisch der Besäumkreissäge *d* *v* hinterer Rollentisch der Besäumkreissäge *w* kleiner Rollentisch der Kappsägen *i* *x* Rollenbahn für fertige Bretter von Gatter *c* *y* Förderband für Schwarten *z* Oeffnung für Abfallabwurf

Abb. 5 und 6 stellen den Entwurf eines Sägewerkes mit drei Gattern, den oben erwähnten Fördereinrichtungen und einigen Maschinen zur Weiterbearbeitung dar. Hier ist nur schematisch dargestellt, in welcher Weise die Maschinen aufgestellt und durch Fördervorrichtungen verbunden werden können, um Fließarbeit zur Verminderung der Unkosten zu erzielen. Die Zahl der Arbeitskräfte, die nicht so stark angestrengt sind wie in Werken ohne mechanische Bewegung des Holzes, beläuft sich bis zur Weiterbearbeitung auf

je zwei Arbeiter für die Gatter,
je einen, in Ausnahmefällen zwei Arbeiter für die Besäumkreissägen,
je einen Arbeiter für die Kappsägen.

Die Aufstellung der Arbeitsmaschinen selbst muß dem Arbeitsgang entsprechen; Rück- und Seitenförderung des Werkstoffes muß möglichst vermieden werden. Man wähle lieber größere als zu kleine Maschinen und sorge für eine ausreichend bemessene Kraftanlage, damit das Werk voll ausgenutzt werden kann. Die Förder- und Bewegungseinrichtungen lassen sich verhältnismäßig leicht anpassen.

Die Drehzahl der jetzt in den Handel gebrachten Einlenker- und Zweilenker-Gatter, Abb. 7, ist auf 300 bis 350 Uml./min, der Hub auf 500 mm gesteigert. Mit solchen Sägegeschwindigkeiten wird naturgemäß die Leistung erhöht. Aber ohne die rechten Werkzeuge läßt sich selbst aus der besten Maschine nichts herausholen. Deshalb ist notwendig, daß die Sägen die richtige Dicke, Breite und Zahnform haben und aus bestem Werkstoff hergestellt sind[3]). Bei Weichholz rechnet man mit einem Vorschub bis zu 6 m/min, je nach Anzahl der eingehängten Sägen, während er sich bei härteren Hölzern entsprechend verringert. Gleichwohl haben verschiedentlich Versuche gezeigt, daß man durch richtige Auswahl der Sägen auch für Harthölzer einen ähnlichen Vorschub wie bei Weichhölzern erzielen kann. Zeitgemäß ausgebildete Gatter erhalten eine augenblicklich wirkende Rücklaufvorrichtung, die bei keinem Gatter mehr fehlen sollte.

Die Besäumkreissägen[4]) arbeiten mit einem verstellbaren Vorschub bis 20 m/min und mehr. (Sägeblattdurchmesser 460 mm, Drehzahl 2800 Uml./min). Mit diesen Maschinen können auch vorgemodelte Hölzer bis zu 150 mm Dicke fertig geschnitten werden. Das Holz wird durch Kletterwalzen eingezogen, ähnlich wie bei den Gattern, so daß eine besondere Bedienung der Walzen nicht notwendig ist. Auch diese Maschinen sind mit Rücklauf einzurichten, so daß das Holz ohne Beschädigung eines Blattes wieder zurücklaufen kann.

[3]) Vergl. O. Beck, Betrieb und Gestaltung der Maschinenwerkzeuge für Holzbearbeitungsmaschinen, „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 56.
[4]) Vergl. Bahls, Abrand- oder Besäumkreissägen, „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 1083.

Abb. 7
Zweilenker-Vollgatter

Es sind möglichst nur solche Kappsägen aufzustellen, die von unten schneiden, also oberhalb der Arbeitsbahn nach dem Schnitt verschwinden. Bei 600 mm Blattdurchmesser läuft die Maschine mit rd. 1700 Uml./min, der Kraftbedarf beträgt 3 bis 5 PS.

Als Hilfsmaschinen zur Instandhaltung der Werkzeuge kommen selbsttätig arbeitende Gatter- und Kreissägen-Schärfmaschinen in Frage. Handschärfen ist unbedingt zu verwerfen, da eine unvermeidliche Veränderung der Zahnform und Zahnhöhe sehr nachteilig auf die Leistungsfähigkeit der Werkzeuge und der Maschinen einwirken würde.

In Sägewerken, die ausschließlich oder meist Hartholz einschneiden, kommt die Aufstellung von Wagerechtgattern in Frage[5]). Diese Maschinen werden für Stammdurchmesser bis zu 1600 mm gebaut und erfordern je nach der Größe 6 bis 12 PS Kraftbedarf. Sie arbeiten gewöhnlich mit nur einem Blatt, können aber mit einer sogenannten Mehrsägeneinrichtung versehen werden.

Für erhöhte Leistung verwendet man an Stelle des Wagerechtgatters eine wagerechte Blockbandsäge[6]). Der Kraftbedarf dieser Maschinen beträgt 30 bis 50 PS. Die Leistungsfähigkeit ist bedeutend höher als die eines Wagerechtgatters, da der Vorschub der Blockbandsäge das Fünf- bis Zehnfache des Gatters oft übersteigt. Auch hier gilt das weiter oben unter Blockbandsägen Erwähnte.

Die Vielseitigkeit der Sägewerke bedingt eine eingehende Kenntnis der Eigenarten der erforderlichen Maschinen und Bewegungsvorrichtungen, vereint mit praktischen Erfahrungen in der Bearbeitung und Bringung des Holzes, um wirklich wirtschaftliches Arbeiten des Sägewerkes gewährleisten zu können. [M 151] Hä.

[5]) Vergl. „Die Werkzeugmaschine" Bd. 29 (1925) S. 327.

[6]) Vergl. „Die Holzbearbeitungsmaschine" Jahrg. 1925 Heft 6 und 7, Blockbandsäge oder Gatter?

Zusammenhang der Indikator- und Drehkraftdiagramme von Zweitakt-Dieselmotoren mit den Drehschwingungen ihrer Wellen

Die Berechnung der Drehschwingungen von Wellenleitungen hat besonders durch die Entwicklung des leichten, schnellaufenden Mehrzylinder-Schiffsdieselmotors an Bedeutung gewonnen. Für den Gebrauch der Praxis hat man diese Berechnung vereinfacht. Bemerkenswert ist, daß bestimmte Gebiete der Schwingungsberechnung, z. B. die Bestimmung der Schwingungsform, die Reduktion der Wellenmassensysteme usw., bevorzugt werden; dagegen werden andre Gebiete, wie z. B. die erregenden Kräfte bei erzwungenen Schwingungen, fast gar nicht behandelt. Erst in neuerer Zeit hat Wydler dieses Gebiet in Angriff genommen.

Meine Arbeit: „Zusammenhang der Indikator- und Drehkraftdiagramme von Zweitakt-Dieselmotoren mit den Drehschwingungen ihrer Wellen"[1]) schließt sich an die Wydlerschen Untersuchungen an.

Da alle Zweitakt-Dieselmotoren mit annähernd gleichen Indikatordiagrammen arbeiten, wenn sie gleich belastet sind, müssen auch die harmonischen Drehkräfte gleicher Ordnung für gleiche Belastung bei allen Zweitakt-Dieselmotoren gleiche Phasenverschiebung φ_n und gleiche Amplitude p_n haben. Dann können aber, unter Zugrundelegung gewöhnlicher Indikatordiagramme, p_n und φ_n als Funktionen von p_i dargestellt werden, wodurch die Berechnung der erregenden Kräfte sehr erleichtert wird; es erübrigt sich dann nämlich der bisherige Entwurf der Drehkraftdiagramme und die Bestimmung der Harmonischen aus ihnen durch Analyse.

Besondere Vorteile bietet die Darstellung von p_n und φ_n als Funktionen von p_i dann, wenn Schwingungsrechnungen für verschiedene Belastungsstufen ausgeführt werden sollen. An Stelle der zeitraubenden Arbeit des Entwurfes verschiedener Diagramme und ihrer Analyse tritt jetzt das einfache Abgreifen von Ordinaten aus Kurvenblättern, wodurch die in Betracht kommenden Amplituden und Phasenverschiebungen der harmonischen Drehkräfte bestimmt sind.

Ich habe erstens den Zusammenhang zwischen der Maschinenbelastung und den harmonischen Drehkräften und zweitens den zwischen Kurbelversetzungswinkel bei Mehrzylindermotoren und den harmonischen Drehkräften untersucht. Das Ergebnis der Untersuchungen sind Kurvenblätter für alle vorkommenden Mehrzylinderbauarten von Zweitakt-Dieselmotoren, welche die zur Bestimmung der harmonischen Drehkräfte erforderlichen p_n- und φ_n-Werte in Abhängigkeit von p_i enthalten. Die Untersuchungen erforderten die harmonische Analyse von Drehkraftdiagrammen verschiedener Belastungsstufen. Hierfür wurde ein neues in Anlehnung an das von Fischer-Hinnen entwickeltes Analysationsverfahren benutzt, das den Vorteil der Einfachheit und des geringen Zeitbedarfs für sich hat. Die Zuverlässigkeit dieses Verfahrens wurde mit dem Maderschen Analysator nachgeprüft, wobei sich eine für praktische Zwecke ausreichende Genauigkeit ergab. [N 2379]

Berlin Dr.-Ing. A. Schröder

[1]) Von der Technischen Hochschule Berlin 1926 genehmigte Dissertation.

Schwingungsanzeiger

Abb. 1. Schwingungsmesser, Patent Thyssen
a Gehäuse *b* Masse *c* Meßuhr
d Stift zur Verbindung von *c* mit *a*

Die Fa. Lehmann & Michels, Hamburg-Altona, baut den in Abb. 1 und 2 dargestellten einfachen Schwingungsanzeiger zur Feststellung einer Schwingungsrichtung und des Schwingungsausschlages. Das Meßgerät besteht aus dem Gehäuse *a*, in dem die Masse *b* an Federn frei beweglich aufgehängt ist, Abb. 1. Die Masse trägt oben die Meßuhr *c*, die durch den Stift *d* mit dem Gehäuse *a* in Verbindung steht, so daß Schwingungen des Gehäuses *a* auf die Meßuhr übertragen werden und dann den größten Ausschlag ergeben, wenn die Schwingungsrichtung mit der Richtung des Stiftes *d* übereinstimmt. Beim Versuch hat man den Schwingungszeiger so lange zu drehen, bis der größte Zeigerausschlag erreicht ist. Die Pfeile in Abb. 2 zeigen dann die Schwingungsrichtung, und der Zeiger der Meßuhr den Schwingungsausschlag an. Mit Hilfe einer Stoppuhr kann man schließlich die Anzahl der Ausschläge in der Zeiteinheit ermitteln. [M 2281] Dr. Schm.

Abb. 2
Ansicht des Schwingungsanzeigers von oben

RUNDSCHAU

Kältetechnik

Messungen des umlaufenden Kältemittels in Kältemaschinen[1])

Die Kälteleistung in kcal/kg läßt sich bekanntlich beim Ansaugen trockener oder leicht überhitzter Dämpfe aus dem Verdampfer in einfacher Weise durch Ablesen der Unterkühlungstemperatur vor dem Regelventil sowie der Spannung und Temperatur des trocken gesättigten oder überhitzten Dampfes am Ende der Verdampfung ermitteln. Zur Feststellung der gesamten Kälteleistung in kcal/h ist aber noch die Messung des stündlich umlaufenden Gewichtes des Kältemittels erforderlich[2]).

Plank und Weisker[3]) empfehlen die Messung des Kältemittels in flüssigem Zustand, dessen Strömung sie mittelbar bestimmen. Der die Strömungsgeschwindigkeit im Querschnitt einer scharfkantigen Mündung erzeugende Druckunterschied wird durch Federmanometer zur Anzeige gebracht. Das Gewicht der in der Zeiteinheit durch die Mündung vom Querschnitt f hindurchgehenden Flüssigkeit, z. B. von Ammoniak, ergibt sich dann zu

$$G_a = \mu f \sqrt{\frac{2 g \Delta p}{v'}}.$$

μ ist abhängig von gewissen Eigenschaften des Kältemittels und der Durchflußöffnung sowie von der Strömungsgeschwindigkeit und kann durch Betriebsversuche oder durch besondere Eichversuche mit eigens dazu gebauten Einrichtungen, z. B. nach dem Verfahren von Weisker, ermittelt werden.

Den spezifischen Rauminhalt v' kann man für das flüssige Kältemittel einwandfrei bestimmen. Zur Messung des Druckgefälles Δp schalten Plank und Weisker das Meßgerät kurz vor dem Regelventil in den Kreislauf ein, weil an dieser Stelle das Kältemittel nicht nur flüssig, sondern in den meisten Fällen unterkühlt ist und weil man in diesem Fall theoretisch den Druck bis auf den der Unterkühlungstemperatur entsprechenden Sättigungsdruck abdrosseln kann, ohne ein Verdampfen befürchten zu müssen. Der Unterschied zwischen Unterkühlungsdruck und Kondensatordruck ist, namentlich bei Ammoniak und Kohlensäure, ziemlich beträchtlich (bei $t = 25°$ und $t_u = 12°$, $\Delta p_{\max} = 3{,}51$ at für Ammoniak und 17,3 at für Kohlensäure). Besonders vorteilhaft ist, daß der durch das Meßverfahren bedingte Druckabfall keinen neuen Verlust in den Prozeß hineinbringt, weil die Meßeinrichtung lediglich einen Teil der sonst vom Regelventil allein besorgten Drosselung übernimmt. Große Druckgefälle kann man technisch leicht mit großer Genauigkeit messen. Auch Wirbelungen und die Art der Druckentnahme haben bei großen Druckunterschieden kaum Einfluß. Ferner gleicht sich, wenn man die Meßstelle kurz vor dem Regelventil anordnet, bei normalem Betrieb das hubartige Auffüllen der Druckleitung durch den vorgeschalteten Kondensator aus, so daß ziemlich gleichmäßige Fließgeschwindigkeit herrscht.

Da der spezifische Rauminhalt des flüssigen Kältemittels genau bekannt und bei Ammoniak nur wenig veränderlich ist und da nach den Untersuchungen von Weisker die Durchflußzahl μ bei höheren Druckunterschieden ($\Delta p > 1$ at) von der Größe des Druckunterschiedes unabhängig ist, so ist für Kältemaschinenanlagen mit nahezu konstanter Unterkühlungstemperatur die umlaufende Menge des Kältemittels proportional der Wurzel aus dem von der Meßöffnung erzeugten Druckabfall

$$G_a = \text{const} \sqrt{\Delta p}.$$

Man kann somit, wie bei den Mündungsdampfmessern, ein Differentialmanometer nach den stündlichen Durchflußmengen des Kältemittels eichen und es als Meßgerät benutzen, das entweder die jeweilige Durchflußmenge in der Stunde anzeigt oder die Durchflußmenge über der Zeit als Abszisse aufzeichnet.

Man kann aber auch für eine bestimmte Verdampfer- und Unterkühlungstemperatur die Skala des Differentialmanometers für die Angabe der stündlichen Kälteleistung einteilen, entsprechend der Beziehung

$$Q = G_a (i_0'' - i_u'),$$

worin i_0'' den Wärmeinhalt des trocken gesättigten Dampfes und i_u' den Wärmeinhalt der untergekühlten Flüssigkeit bedeutet. Das Meßgerät kann dann ebenfalls so ausgebildet sein, daß es nur die stündliche Kälteleistung anzeigt oder diese dauernd aufzeichnet.

Bei dieser Messung muß man aber, wie auch bei den Dampfmessern, beachten, daß die Meßgenauigkeit der Kälteleistung, d. h. der durchgehenden und zu messenden Flüssigkeitsmenge, umgekehrt proportional ist; nahe dem Nullpunkt des Manometers ist die Genauigkeit also sehr gering[4]). Außerdem ist die Messung nur dann brauchbar, wenn dauernd tatsächlich Unterkühlung vorhanden ist.

Die Gesellschaft für Lindes Eismaschinen A.-G. in Wiesbaden baut seit ganz kurzer Zeit einen Füllungs- und Leistungsprüfer, der nach diesem Verfahren arbeitet[5]), Abb. 1. Ein Gehäuse mit eingegossenem auf- und absteigendem Kanal ist in die vom Kondensator kommende Flüssigkeitsleitung vor dem Regelventil eingebaut. An der Eintrittstelle des Gehäuses ist zur Beobachtung der Temperatur der unterkühlten Flüssigkeit ein Thermometer eingesetzt. Die Flüssigkeit strömt in dem aufsteigenden Kanal hoch; durch ein Schauglas kann man erkennen, ob das Kältemittel eine reine Flüssigkeit oder mit Dampf- oder Luftblasen gemischt ist. Durch seitliche Beleuchtung mit einer kleinen elektrischen Lampe sind auch die kleinsten Dampfblasen durch das Schauglas sichtbar. Im aufsteigenden Kanal über dem Schauglas befindet sich die Meßeinrichtung, eine scharfkantige Mündung in Verbindung mit einem Differentialmanometer. Die Mündung ist durch den Deckel, der das Gehäuse abschließt, bequem zugänglich. Das Manometer hat außer der Skala für den Druckunterschied eine zweite Skala, die die jeweilige Kälteleistung in kcal/h angibt. Mit einem am Gefäß angebrachten Zweiweghahn kann man die Meßeinrichtung ausschalten und das Kältemittel unmittelbar dem Regelventil zuführen. Das Meßgerät gibt nicht nur die augenblickliche Kälteleistung an, sondern es zeigt auch Störungen in der Arbeitsweise der Anlage, wenn z. B. nicht unterkühlte Flüssigkeit, sondern ein Dampf-Flüssigkeitsgemisch oder Luft durch die Meßeinrichtung strömt.

Über Erfahrungen mit diesem Meßgerät kann ich nicht berichten. Wenn dauernd Unterkühlung vorhanden ist, wenn die Leistung nicht allzu sehr schwankt und wenn ein gutes, richtig arbeitendes Differentialmanometer verwendet wird, so muß diese Meßeinrichtung wie auch die Untersuchungen von Weisker ergeben haben, richtige Angaben liefern[5a]).

Obering. Glässel hat zuerst ein brauchbares Meßgerät in die Praxis eingeführt. Ende 1922 wurde das erste im Bahnhofhotel Stuttgart eingebaut; seit dieser Zeit sind 150 solcher Meßeinrichtungen in den verschiedensten Anlagen in Betrieb genommen worden.

Dieser sogen. Kontroller für Kühlanlagen[6]) wird ebenfalls in die Flüssigkeitsleitung zwischen Kondensator und Regelventil eingebaut. Für die Mengenmessung kommt die Stauhöhe der aus einer Poncelet-Öffnung ausfließenden Flüssigkeit in Betracht. Das Meßgerät, Abb. 2, besteht aus einem zylindrischen Gefäß, in dessen oberem Teil ein Meßgefäß eingebaut ist; dieses hat am Boden oder an der Seitenwand eine oder mehrere Poncelet-Öffnungen, deren Querschnitt man beim Betrieb mit mehreren Kompressoren verändern kann. Das vom Kondensator kommende Kältemittel fließt in dieses Meßgefäß, sammelt sich hier an, bis die Stauhöhe so groß ist, daß durch die Poncelet-Öffnung so viel abfließt, wie vom Kondensator zuströmt. Die aus der Poncelet-Öffnung abfließende Flüssigkeit sammelt sich im unteren Teil des zylindrischen Gefäßes und geht von dort durch das Regelventil zum Verdampfer. An Flüssigkeitsstandanzeigern kann man die Stauhöhe im Meßgerät und im unteren Teil des zylindrischen Gefäßes ablesen. Das zylindrische Gefäß ist mit dem Kondensator durch eine abschließbare Leitung verbunden. Solange die Temperatur der Flüssigkeit im Kontroller niedriger ist als die dem Sättigungsdruck im Kondensator entsprechende Temperatur, ist eine Verdampfung und damit eine Störung der Messung durch Gasblasen ausgeschlossen. Die am Flüssigkeitsstand des Meßgefäßes abgelesene Stauhöhe ist ein Maß für

[1]) Auszug aus dem in der Hauptversammlung des Deutschen Kälte-Vereins in Köln am 23. September 1926 gehaltenen Vortrag, veröffentlicht in der Z. f. d. ges. Kälteindustrie Bd. 33 (1926) S. 169.

[2]) Über die Einrichtung zum Messen der umlaufenden Ammoniakmenge von Doerffel, die wohl nur für Laboratoriumszwecke in Frage kommt, sowie hinsichtlich des Berichtes von Weisker über den Vortrag von Fisher in der American Society of Refrigerating Engineers vergl. den ungekürzten Vortrag, Anm. 1 sowie Anm. 3.

[3]) Vergl. Z. f. d. ges. Kälteindustrie Bd. 29 (1922) S. 117 u. 138.

[4]) Vergl. Gramberg, Technische Messungen, 5. Aufl., Berlin 1923, S. 256.

[5]) Vergl. Z. f. d. ges. Kälteindustrie Bd. 33 (1926) S. 132.

[5a]) Zur Zeit im Ingenieur-Laboratorium der Techn. Hochschule Stuttgart im Gange befindliche Versuche mit einem Leistungsprüfer Bauart Linde, lassen darauf schließen, daß für störungsfreies Arbeiten ganz geringe Unterkühlung genügt.

[6]) Gebaut von der Maschinenfabrik Fr. Stein, G. m. b. H. Cannstatt.

Abb. 1
Füllungs- und Leistungsprüfer der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, Wiesbaden

Abb. 2
Meßgerät für Flüssigkeitsmenge, Kälteleistung und Füllung, sogen. Kontroller für Kühlanlagen, Bauart Glässel, der Maschinenfabrik Fr. Stein, Cannstatt

a Meßgefäß
b zylindrisches Gefäß
c Regelventil
d_1, d_2 Flüssigkeitsstandgläser

die durch die Poncelet-Öffnung fließende Flüssigkeitsmenge, und diese ist der Brutto-Kälteleistung proportional.

$$G_a = 3600\, \mu\, f\, \gamma_a \sqrt{2\, g}\, H$$
$$Q = G_a\, (i_0'' - i_u').$$

Man kann an der Skala des oberen Flüssigkeitsstandes neben der Stauhöhe auch die Durchflußmenge und die Kälteleistung ablesen.

Das Meßgerät zeigt auch an, ob das Regelventil richtig eingestellt ist. Das ist der Fall, wenn sich im unteren Flüssigkeitsstand stets Flüssigkeit befindet. Die Höhe des Flüssigkeitsstandes ist dabei gleichgültig; sie soll nur immer annähernd gleich sein. Ist das Regelventil unrichtig eingestellt, dann zeigt sich dies zunächst an erheblichen Änderungen des Flüssigkeitsstandes im unteren Teil des Kontrollers, später auch am Flüssigkeitsstand des Meßgefäßes.

Ferner kann man mit dem Kontroller, u. U. durch Zuschaltung besonderer Gefäße zum Kondensator, die Anlage auf richtige Füllung prüfen. An der oberen Skala ist angegeben, welche Flüssigkeitsmenge in kg/min bei einer bestimmten, besonders gekennzeichneten Stauhöhe durch die Poncelet-Öffnung fließt. Um die Füllung der Anlage zu bestimmen, saugt man die Verdampfer leer und verflüssigt die Gesamtmenge des Kältemittels im Kondensator. Nach Abstellen des Kompressors läßt man die ganze Füllung bei der gekennzeichneten Stauhöhe durch den Kontroller nach dem Verdampfer überströmen. Das Produkt aus der Durchflußzeit und der am Meßgerät angegebenen Durchflußmenge ergibt die Füllung.

Im Ingenieurlaboratorium der Technischen Hochschule Stuttgart habe ich eine größere Anzahl von Versuchen zur Prüfung des Glässel-Kontrollers auf Arbeitsweise und Anzeigegenauigkeit durchgeführt[7]).

Zahlentafel 1 gibt ein Bild über die Anzeigegenauigkeit des Meßgerätes, wenn vom Kompressor aus dem Verdampfer trocken gesättigte oder leicht überhitzte Dämpfe angesaugt werden. Da die Kontrollerablesung nicht richtig sein kann, wenn der Kompressor nasse Dämpfe ansaugt, weil die Skala für trocken gesättigten Dampf hinter dem Verdampfer errechnet ist, so wurde eine Berichtigungszahl ermittelt, mit der man in diesem Fall die Angaben des Meßgerätes multiplizieren muß. Das Gerät arbeitete während der Versuche einwandfrei.

[7]) Vergl. Z. f. d. ges. Kälteindustrie Bd. 33 (1926) S. 190.

Zur Messung der umlaufenden Ammoniakmenge und gleichzeitig zur selbsttätigen Regelung der Kälteleistung baut in neuster Zeit auch die Süddeutsche Maschinen- und Metallwarenfabrik W. Weckerle, Zuffenhausen, einen Kipp-Flüssigkeitsmesser, Abb. 3, der die vom Kondensator abfließende Ammoniakmenge mißt. Das im Kondensator anfallende flüssige und unterkühlte Ammoniak tritt in die unter Kondensatordruck stehende Kipp-Meßeinrichtung ein, die aus zwei um eine Achse drehbaren Gefäßen besteht. Das eine Gefäß füllt sich und kippt bei einer bestimmten Füllung selbsttätig um, wobei das zweite Gefäß unter den Flüssigkeitseinlauf zu liegen kommt. Die aus dem ersten Gefäß ausgeschüttete Flüssigkeit fließt in ein ebenfalls unter Kondensatordruck stehendes Schwimmergefäß und hebt dabei mittels einer Schwimmerkugel ein Ventil, so daß die im Schwimmergefäß angesammelte Flüssigkeit nach dem Verdampfer abfließen kann. Durch ein Drosselorgan wird die Flüssigkeit gezwungen, langsam abzufließen. Dadurch entsteht in dem Raum zwischen Schwimmerventil und Drosselorgan nach dem Kippen, d. h. nach der Entleerung des ersten Gefäßes, eine Drucksteigerung, die durch eine besondere Vorrichtung aufgezeichnet wird. Ist die gesamte vom Kippgefäß abgegebene Flüssigkeit abgeflossen, so schließt sich das Schwimmerventil und die Schreibvorrichtung zeigt Verdampferspannung an. Beim Entleeren des

Zahlentafel 1. Angaben des Glässel-Kontrollers, verglichen mit den durch Versuch ermittelten Werten für umlaufende Flüssigkeitsmenge und Kälteleistung

Versuch Nr.	Flüssigkeitsmenge: Kontroller-ablesung kg/h	berechnet aus Verdampf-leistung kg/h	berechnet aus Konden-satorleistung kg/h	Brutto-Kälteleistung: Durch Versuch ermittelt kcal/h	Kontroller-ablesung kcal/h	Ablesung umgerechnet kcal/h	Abweichung von Spalte e: der Kontroller-ablesung vH	der umgerechneten Ablesung vH
a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	66,0	65,4	65,9	18 257	18 616	18 150	+ 1,97	— 0,59
2	70,7	70,0	69,9	19 537	19 864	19 375	+ 1,67	— 0,98
3	72,5	71,7	71,7	20 110	20 332	19 910	+ 1,11	— 0,99
4	63,15	62,2	63,3	17 341	17 910	17 410	+ 3,28	+ 0,40
5	66,4	65,6	65,4	18 311	18 740	18 310	+ 2,34	± 0,00

vom Kondensator
Registrier-Manometer
zum Verdampfer

Abb. 3
Kippmeßeinrichtung mit selbsttätiger Regelung der Kälteleitung, erbaut von der Maschinen- und Metallwarenfabrik W. Weckerle, Zuffenhausen

zweiten Kippgefäßes entsteht wieder eine Drucksteigerung mit nachfolgender Drucksenkung auf Verdampferspannung. Im Druckdiagramm der Schreibvorrichtung entspricht also jede Drucksteigerung der Entleerung eines Gefäßes. Ein mit Schwimmer versehener Flüssigkeitsregler, der dem Verdampfer nur die aus dem Kondensator anfallende Flüssigkeitsmenge zuführt, regelt also die umlaufende Ammoniakmenge und damit die Kälteleistung. Das Drosselorgan dient lediglich zur Erzeugung des Staudruckes, der die Anzeigevorrichtung betätigt.

Auch mit dieser Einrichtung habe ich, allerdings mit einer ersten Ausführung, auf dem Probestand der Firma Weckerle, mehrere Versuche durchgeführt, und zwar in gleicher Weise wie mit dem Glässel-Kontroller. Die Regel- und Meßeinrichtung arbeitete einwandfrei; die Anzeige der Kälteleistung am Kippmesser blieb allerdings hinter der durch Versuch ermittelten Brutto-Kälteleistung zurück. Das ist aber darauf zurückzuführen, daß diese erste Versuchsausführung in manchen Teilen noch verbesserungsbedürftig und verbesserungsfähig war, und daß der Kipper nur mit Wasser geeicht werden konnte, wodurch sich bei der konstruktiven Ausführung des Kippers von vornherein ein zu geringes Ammoniakgewicht ergibt, so daß die Angaben des Kippermessers unter allen Umständen mit einer Berichtigungszahl, die größer als eins ist, zu multiplizieren sind.

Inzwischen durchgeführte weitere zwei Versuche mit einem neuen, sorgfältig durchkonstruierten Meßgerät ergaben bei beiden Versuchen praktisch gleich große Berichtigungszahlen, was auf richtiges Anzeigen der Meßeinrichtung schließen läßt. Die Kontroll- und Meßeinrichtung arbeitete wiederum einwandfrei.

Die besprochenen Einrichtungen sind brauchbare Meßgeräte für die Betriebsüberwachung. Sie zeigen bei normalem Betrieb die Kälteleistung mit mehr oder weniger großer Genauigkeit an, lassen aber, und das ist besonders wichtig, Unregelmäßigkeiten im Umlauf des Kältemittels und damit in der Kälteleistung erkennen.

Beim Glässel-Kontroller ist vor allem vorteilhaft, daß keine beweglichen Teile (Druckschreiber, Differentialmanometer usw.) vorhanden sind, die Flüssigkeit deutlich sichtbar ist, die Poncelet-Öffnung jederzeit geeicht und die Kältemittelfüllung bequem nachgeprüft werden kann.

Das neue Meßgerät der Firma Weckerle hat den Vorzug der Selbstregelung innerhalb ziemlich weiter Grenzen in Verbindung mit der Messung. [M 2445]

Stuttgart. R. Stückle

Aus dem Ausland

Kraftmaschinen

Die kurbellose Kolbenmaschine von Michell

In den letzten Jahren haben ausländische Fachzeitschriften wiederholt von einer Kolbenmaschine ohne Kurbeltrieb berichtet, deren Getriebe bei allen Kraft- und Arbeits-Kolbenmaschinen angewendet werden kann. Das Arbeitsverfahren dieser Maschine beruht darauf, daß die hin- und hergehende Kolbenbewegung in mehreren parallel zur Maschinenwelle und rund um diese angeordneten Zylindern durch Einschaltung einer auf der Maschinenwelle fest aufgekeilten elliptischen Taumelscheibe in eine Drehbewegung umgewandelt wird.

Der an sich nicht neue Gedanke, durch eine solche Scheibe die Kurbel zu ersetzen, entspricht dem Wunsche, die hin- und hergehende Kolbenbewegung auf dem kürzesten Weg in die Drehbewegung umzuformen. Von den vielen Lösungen im Verlaufe der Geschichte der Kolbenmaschine verdient die der Taumelscheibe um so mehr Beachtung, als sie nicht nur vollkommenen Massenausgleich ermöglicht, sondern auch dem Bestreben nach gedrungener Bauweise entgegenkommt.

Abb. 4
Ansicht eines Michell-Motors für 100 PS bei 750 Uml./min

Will man das Gewicht einer Maschine für die Einheit der Leistung auf ein Mindestmaß bringen, so bieten sich hierfür zwei Wege: Aufteilen in kleine Zylinder, und Erhöhen der Drehzahl. Um die hierdurch bedingte verwickelte Bauart und hohe Beanspruchung der Welle und die Massenwirkungen der hin- und hergehenden Teile zu vermeiden, wendete man schon verschiedentlich Taumelscheiben an. Die bisherigen Versuche scheiterten allerdings ausnahmslos an Schwierigkeiten der Kraftübertragung und der Schmierung. Erst A. G. M. Michell ist anscheinend die Lösung dadurch gelungen, daß er das nach ihm benannte Drucklager[1]) auf diese Maschine angewandt hat.

Abb. 4 bis 7 stellen eine Gasmaschine mit acht Zylindern dieser Art von 100 PS_e bei 750 Uml./min dar, die die Firma Crankless Engines Ltd., Melbourne, für die Süd-Australische Gas-Gesellschaft in Adelaide zum Antrieb eines Gaskompressors geliefert hat. Auf jeder Seite der Taumelscheibe, die in der Mitte der Maschine auf der Maschinenwelle unter einem Winkel von rd. 22,5° aufgekeilt ist, liegen vier einfachwirkende Zylinder. Die Kolben je zweier, in bezug auf die Treibscheibe gegenüberliegender Zylinder werden durch eine Stahlbüchse, die als Abstandrohr dient, in ihrer gegenseitigen Lage erhalten. Nur in der Mitte hat die Büchse auf einem bestimmten Teil ihres Umfanges Aussparungen für die umlaufende Taumelscheibe. Der Arbeitsdruck wird durch Gleitschuhe auf die Scheibe übertragen und versetzt diese in Drehung.

Diese Gleitschuhe sind das wesentlich neue Merkmal der Maschine. Sie sind je aus einem Stahlstück gearbeitet und bestehen aus einer ebenen, mit Weißmetall ausgefütterten Platte und einem Kugelzapfen, mit dem sie in hohlkugligen Flächen des Kolbenkörpers gelagert sind. Der Gleitschuh kann sich daher einerseits entsprechend der mit der Drehung wechselnden Neigung der Taumelplatte einstellen und anderseits die dem Michell-Lager eigentümliche Kippbewegung ausführen.

Die Kugelzapfen sind gegenüber ihren Gleitschuhen unsymmetrisch angeordnet, so daß ihr Stützpunkt, in der Bewegungsrichtung gesehen, hinter den Druckmittelpunkt der Ölschicht unter dem Gleitschuh fällt. Das Öl, das durch

[1]) Z. Bd. 63 (1919) S. 965; Bd. 64 (1920) S. 914.

Abb. 5 und 6
Längsschnitt und Seitenansicht eines Michell-Gasmotors mit acht Zylindern und Taumelscheibe für 100 PS bei 750 Uml./min

Abb. 7
Übertragung der Kolbenkraft auf die Taumelscheibe

die Bewegung des Gleitschuhs zwischen beide Flächen hineingezogen wird, übt daher ein Kippmoment auf den Gleitschuh aus; das begünstigt die Bildung einer keilförmigen Ölschicht, die metallische Berührungen der Gleitflächen verhindert und die Reibung beschränkt.

Einer Neigung des Gleitschuhs um rd. eine Winkelminute entspricht eine Ölschicht von rd. 0,02 mm Dicke. Während andre Druckplatten unter den gleichen Bewegungs- und Arbeitsbedingungen nur eine Belastung von etwa 4,5 bis 5 kg/cm² vertragen, können solche Gleitschuhe den zehnfachen Druck aufnehmen; bei Gleitgeschwindigkeiten von rd. 15 m/s sind bereits Drücke von rd. 700 kg/cm² anstandlos übertragen worden. Für ausgiebige Benetzung der Gleitflächen mit Öl ist gesorgt; das von einer Zahnradpumpe geförderte Öl wird durch Düsen auf die Arbeitsflächen gespritzt.

Ein Vorteil dieser Maschinen ist auch, daß sich die Zylinderkräfte an der geneigten Gleitfläche der Taumelscheibe in dazu parallele und senkrechte Teilkräfte zerlegen. Den parallelen Teilkräften entsprechen radiale Gegenwirkungen zwischen Kolben und Zylinderwand, die stetig ihre Richtung ändern. Unter ihrem Einfluß ändert sich auch die Dicke der Ölschicht, so daß jeder Kolben im Zylinder ähnlich wie der Zapfen in einem Lager „atmet" und die Kolbenreibung wesentlich vermindert wird.

Prof. A. J. Gibson hat 1925 Versuche an der oben dargestellten Maschine ausgeführt, die mit acht Zylindern von je 139,7 mm Dmr. und 165,1 mm Hub als Viertaktmotor mit Leuchtgasbetrieb bei 750 Uml./min 100 PS_e leisten sollte. Die Bremsleistung wurde mit einer Wasserbremse gemessen. Die indizierte Leistung wurde nach dem Auslaufverfahren von Morse bestimmt, indem bei abgekuppeltem Regler nach dem Erreichen des Beharrungszustandes ein Zylinder abgestellt und die hierdurch bedingte Minderleistung bei gleicher Drehzahl der Maschine gemessen wurde. Dieses Verfahren wurde nacheinander an allen Zylindern wiederholt.

Die Versuche ergaben:

Indizierte Leistung .	125	112,2	77,2	42,5	PS_i
Nutzleistung . . .	112,5	100	62,5	31,2	PS_e
mech. Wirkungsgrad	90	89,3	81,2	74	vH

Nach Ablauf der Versuche wurde die Maschine geöffnet und die Taumelscheibe freigelegt; die Laufflächen zeigten keine Spuren einer Abnutzung. [M 1917]

Dresden Dipl.-Ing. A. Leitner

Eisenbahnwesen

Zweiseitenkipper, Bauart Ochsner

Einen Kippwagen, Abb. 8 und 9, baut für die verschiedensten Zwecke die Firma J. Ochsner & Cie., Zürich. Im Gegensatz zum Arbeitsvorgang bei den meisten Kippern entleert der Zweiseitenkipper durch gleichzeitiges Ausfahren des Wagenkastens nach der Seite und nachfolgendes Kippen. Durch das Ausfahren wird der Schwerpunkt der Last so weit nach der Seite verschoben, daß selbst für das Kippen großer Lasten keine großen Kräfte notwendig sind.

Ein Eisenbahnwagen mit 20 t Inhalt wird mittels Kurbelbetätigung durch einen einzigen Arbeiter in 1,5 min

Abb. 8
Selbsttätige Entleerung des als Lastkraftwagen ausgebildeten Kippwagens vom Führerstand aus

Abb. 9. 10 t-Seitenkipper auf den Straßenbahnen der Stadt Wien.
Die Kippbewegung kann mit der Hand für jeden Wagen einzeln oder mit Druckluft oder elektrisch, gegebenenfalls für alle Wagen gemeinsam vom Führerstand ausgelöst werden.

Abb. 10. Seitenansicht und Längsschnitt

a, b, c, d Kurbel, Antriebwellen und Zahnräder der Kippeinrichtung *e, f, g* Zahnstange, Träger und Zapfenführung *h* Zapfen i, i_1 Führungsrollen k, k_1 Anschläge, die das Weiterrollen beim Kippen verhindern *l* Führungsschienen, mit denen der Wagenkasten auf den Rollen i, i_1 aufliegt m, m_1, n, n_1 Anschläge und Leitschienen zum Oeffnen der Seitenwand

Abb. 10 bis **12.** Zweiseitenkipper, Bauart Ochsner

Abb. 11
Stirnansicht in Ruhelage

Abb. 12
Stirnansicht in gekipptem Zustand

entleert und wieder in Fahrstellung gebracht. Das Entleeren kann auch während der Fahrt, beliebig nach jeder Seite, vorgenommen werden; der Kipper kann also auch vorteilhaft zum Beschottern der Gleise dienen. Das entleerte Gut liegt stets so weit von den Schienen entfernt, daß der Verkehr nicht gehindert wird.

Hat der Wagen Innenlager, so kann ein Kippwinkel von 60 bis 70° erreicht werden. Bei Außenlagern sind nur 50° möglich. Die Ladekante kann bei der Benutzung von Innenlagern ebenfalls tiefer liegen als bei Außenlagern.

Der Kippvorgang geht aus Abb. 10 bis 12 hervor. Die Bewegung wird von der Handkurbel *a* aus über die Wellen *b* und *c* auf die Zahnräder *d* übertragen. Bei ihrer Drehung verschieben diese die mit ihnen im Eingriff stehende Zahnstange *e*, die am Träger *f* befestigt ist. Die ebenfalls am Träger *f* angeordnete Führung *g* schiebt bei Seitwärtsbewegung den Zapfen *h* und somit den Wagenkasten so lange nach der Seite, bis der Schwerpunkt des Wagenkastens samt Ladung ungefähr senkrecht über der unterstützenden Rolle i oder i_1 liegt. In diesem Augenblick gelangt auch der Anschlag k oder k_1 gegen die verlängerten Achsen von i oder i_1. Der Wagenkasten ist nunmehr bereits leicht geneigt, da die Führungsschiene *l* jetzt mit ihrem stark herausgekrümmten Teil auf der Rolle liegt. Die Weiterbewegung der Führung *g* bewirkt nun ein Kippen des Kastens um die innere Rolle i_1, wobei der Kasten durch den Anschlag k_1 am Weitergleiten gehindert wird.

Die Seitenwand, die in der Ruhestellung durch ihr eigenes Gewicht schließt, öffnet sich beim Kippen dadurch selbsttätig, daß der an dem Träger *f* angeordnete Anschlag *m* gegen die Schiene *n* läuft. Der Wagenkasten läßt sich vom Untergestell abheben, ohne daß man irgendwelche Verbindungen löst.

Der Kippmechanismus kann, wie meist, mit der Hand, ferner aber auch elektrisch oder durch Druckluft betätigt werden. Die Zweiseitenkipper, Bauart Ochsner, werden in Deutschland von der Waggon- und Maschinenfabrik, Aktiengesellschaft, vorm. Busch, Bautzen, hergestellt.
[M 64] Gs.

Zugversuche an Zughaken

Die Zughaken für Schmalspurwagen der Österreichischen Alpinen-Montan-Gesellschaft in Donawitz wurden früher von Hand ausgeschmiedet. Versuche, diese Haken im Gesenk herzustellen, haben sich gut bewährt, und es konnte in der gleichen Zeit etwa die 5- bis 6fache Menge angefertigt werden.

Im folgenden soll nun über Versuche berichtet werden, die gezeigt haben, daß die Festigkeit gestanzter Haken der von geschmiedeten nicht nachsteht. Die letztgenannten Haken werden im gestreckten Zustand geschmiedet, unter der Druckwasserpresse warm gebogen und auf dem Amboß auf die Fertigform gebracht. Der Faserverlauf ist mit dünnen Linien gekennzeichnet, Abb. 13 bis 15.

Abb. 13 bis **15**
Schmieden von Zughaken mit der Hand

Abb. 13

Abb. 14

Abb. 15

Abb. 16

Abb. 17
a Breiteisen *b* Matrize *c* Führungsplatte *d* Stempel

Abb. 16 bis 20
Herstellen von Zughaken im Gesenk

Abb. 18 und 19

Abb. 20

Abb. 21

Abb. 24
Einspannen der Haken beim Versuch

Bei der Herstellung im Gesenk, Abb. 16 bis 20, wird ein Breiteisen *a*, Abb. 17, im warmen Zustand zwischen die Matrize *b* und die Führungsplatte *c*, Abb. 16, eingeführt und der Stempel *d*, Abb. 17, unter Druck durchgepreßt. Nach einer neuen Erwärmung kommt der gestanzte Haken zwischen den Ober- und Unterteil eines Fertiggesenkes, wird dort gelocht und auf die endgültige Form gebracht, Abb. 18 bis 20. Die Abmessungen des Hakens zeigt Abb. 21.

Die Fasern verlaufen bei den gestanzten Haken im Gegensatz zu den geschmiedeten in einer Richtung, Abb. 22 und 23.

Für die Untersuchung der Zugfestigkeit wurde Flußstahl von 41,2 kg/mm² Zugfestigkeit, 24,5 vH Dehnung und 57,8 vH Querschnittverminderung gewählt.

Zwei Haken wurden nach der in Abb. 13 bis 15 und vier nach der in Abb. 16 bis 20 gekennzeichneten Weise hergestellt. Von diesen verliefen bei zweien die Fasern nach Abb. 22 und bei den beiden andern nach Abb. 23. Abb. 24 zeigt, wie die Haken in die Prüfmaschine eingespannt wurden.

Die Belastung wurde allmählich so lange gesteigert, bis sich das Hakenende auszog. Das Ergebnis enthält Zahlentafel 1.

An handgeschmiedeten Haken treten beim Zusammenbiegen auf der Innenseite des Hakens Stauchfalten auf, die besonders bei härterem Werkstoff Kerbwirkungen ausüben. Sie sind auch bei sorgfältiger Arbeit oft nicht zu vermeiden. Bei im Betriebe gebrochenen Haken gingen die Brüche fast immer von solchen Stauchfalten aus.

Gestanzte Haken, deren Fasern quer zur Zugrichtung verlaufen, Abb. 23, sind nach Zahlentafel 1 fester als solche mit einer Faserrichtung nach Abb. 22. Dieses Ergebnis ist überraschend, läßt sich jedoch auf folgende Art erklären:

Wenn man den auf Biegung beanspruchten unteren Teil des Hakens für sich allein betrachtet, so erkennt man, daß die Biegungsfestigkeit in dem mit Abb. 25 gekennzeichneten Falle kleiner sein wird als bei der Faserrichtung senkrecht zur Zugrichtung, Abb. 26. Der obere Hakenteil *a* in Abb. 26 ist nun so bemessen, daß sich bei zu hoher Beanspruchung zunächst das untere Hakenende durchbiegt.

[M 2248] Koch

Zahlentafel 1. Versuche mit Zughaken

Herstellungsart	Versuch Nr.	Belastung kg	Bemerkungen
Nach Abb. 13 bis 15	1	18 700	Anriß in einer Stauchkerbe
	2	20 800	Anriß kaum wahrnehmbar
Nach Abb. 16 bis 20 und 22	3	16 900	Risse bemerkbar
	4	19 700	Risse kaum zu erkennen
Nach Abb. 16 bis 20 und 23	5	21 300	ohne Riß
	6	20 900	Anriß wahrnehmbar.

Abb. 22
Längs der Kraft

Abb. 23
Quer zur Kraft

Abb. 22 und 23. Verlauf der Faserrichtung bei gestanzten Haken

Abb. 25
Kraftrichtung längs der Faserrichtung

Abb. 26
Kraftrichtung quer zur Faserrichtung
a oberer Hakenteil

Kleine Mitteilungen

Ein neuartiger Seiltrieb

In England ist vor kurzem ein neues Kraftübertragungsmittel für sehr kurze Abstände der Riemenscheiben unter dem Namen „Allis Texrope Drive“ entwickelt worden, das hauptsächlich für Textilmaschinen, jedoch auch für andre Zwecke benutzt wird. Die Antriebscheiben haben, ähnlich wie Seilscheiben, Riefen, in denen die einzelnen Teile des Triebes laufen. Die einzelnen Seile haben trapezförmigen Querschnitt. Sie bestehen aus einem gummigetränkten Baumwollseil, das einen stärkeren Gummibelag trägt. Nur endlose Seile sind benutzbar; denn weder Trennungen noch Verbindungen können ausgeführt werden. Das erfordert natürlich genormte Abstände der Riemenscheiben oder Sonderanfertigung. Bei dem Übertragungsverhältnis 1 : 7 arbeitet die Kraftübertragung noch einwandfrei auch bei sehr kurzen Achsabständen, z. B. rd. 650 bei 700 mm Dmr. für die größere Scheibe. Immerhin sollte der Umfassungswinkel wenigstens 120 ° betragen. Ein besonderer Vorzug ist die Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit und Dampf und die auch im Dauerbetrieb erhalten bleibende Spannung. („Engineering“ 25. Februar 1927 S. 246) [N 231 a] Hä.

Turbopumpe mit senkrechter Welle für große Wassertiefen

Von der Pulsometer Engg. Co. in Reading ist für eine Brauerei in der Umgegend von Manchester eine Turbopumpe fertiggestellt und in Betrieb genommen worden, die das Wasser in rd. 70 m Tiefe unter der Erde ansaugt. Die Pumpe hat acht senkrechte, übereinander angeordnete Gehäuse, in denen je ein Schaufelrad auf der senkrechten Welle sitzt. Das Wasser durchströmt nacheinander die einzelnen Stufen und wird von der obersten Pumpenstufe durch ein senkrechtes Druckrohr innerhalb der Pumpenwelle zur Erdoberfläche und schließlich mittels Abzweigung zu einem 15 m über der Erde stehenden Behälter geleitet.

Die Pumpe ist selbstansaugend und kann nach dem Stillstand sofort wieder in Tätigkeit gesetzt werden. Sie hebt rd. 90 m³/h Wasser auf rd. 85 m Höhe bei 1440 Uml./min und 60 PS Energieverbrauch. Zum Antrieb dient ein oben auf der Welle sitzender 75 PS-Gleichstrommotor für 440 V Spannung. Die Gehäuse der einzelnen Pumpenstufen sind miteinander verschraubt. („The Engineer“ 25. Februar 1927 S. 222*) [N 231 b] Sd.

In Mittelasien geplante Eisenbahnlinie

Der Entwurf einer 48 km langen Zweigbahn zwischen Dshaljal-Abad und Kok-Jangak ist fertiggestellt worden, die der wirtschaftlichen Erschließung Kirgisiens und Mittelasiens dienen soll. Die Gelände- und Steigungsverhältnisse sowie die Richtung der Wasserläufe sind für den Bau dieser Strecke außergewöhnlich günstig.

Bei der notwendigen Erweiterung der Steinkohlenindustrie Mittelasiens wird Steinkohle die Hauptfracht für diese Bahn sein. Man nimmt an, daß davon 80 000 bis 96 000 t in einem Jahr befördert werden. Für die ersten Jahre wird mit etwa 28 000 t Gesamtfracht gerechnet. Der Ausbau der Kohlengruben des Kok-Jangak-Gebietes, der in fünf Jahren fertig sein wird, soll es ermöglichen, daß man auf der Mittelasiatischen und Taschkenter Eisenbahn von der Naphtha- zur Steinkohlenfeuerung übergehen kann. („Volkswirtschaft der U. d. SSR“ Bd. 5 (1926) S. 53) [N 231 c] Krs.

22 000 B.-R.-T.-Motorschiff „Alcantara“

Das von Harland & Wolff in Belfast gebaute Motorschiff „Alcantara“ der Royal Mail Steam Packet Co. ist nach einer kürzlich durchgeführten 24stündigen Probefahrt am 4. März von Southampton zu seiner ersten Reise nach Südamerika in See gegangen. Es gleicht in den Hauptabmessungen im allgemeinen seinem im Februar 1926 in Dienst gestellten Schwesterschiff „Asturias“[1]. „Alcantara“ ist 200 m lang, 23,7 m breit und hat 13,7 m Tiefgang. Einschließlich der Besatzung bietet es Platz für 1800 Fahrgäste. Der Doppelboden des in zwölf wasserdichte Abteilungen eingeteilten Schiffes geht über die ganze Länge und enthält die Zellen für Frischwasser und Wasserballast. Der Brennstoff wird in Tanks in der Nähe des Maschinenraumes mitgeführt.

Die Hauptmaschinenanlage besteht aus zwei doppeltwirkenden Achtzylinder-Viertakt-Dieselmotoren mit je rd. 10 000 PS Leistung. Der Zylinderdurchmesser beträgt 840 mm, der Hub 1500 mm. Die Ergebnisse der Probefahrt liegen noch nicht vor; die nahezu gleichartigen Motoren der „Asturias“ entwickelten jedoch über 23 000 PS_i bei 122 Uml./min. („Engineering“ 25. Februar 1927 S. 228) [N 231 e] Kd. M.

[1] Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 306

Große Motorfähre

„Fresno“, die erste von den sechs für die Beförderung von 500 Fahrgästen und 80 Kraftwagen über die Bucht von San Franzisko bestimmte Motorfähre, wird im Laufe des März ihren Dienst aufnehmen. Sie soll das größte bisher gebaute Fährboot mit Motorantrieb sein. Vier sechszylindrige Nelseco-Dieselmotoren mit 1800 PS (engl.) sind für den Antrieb des 78 m langen Schiffes vorhanden, dessen Bau rd. 2,1 Mill. ℳ gekostet hat. („The Motorship“ März 1927 S. 431) [N 231 d] Gs.

Die Industrie Südafrikas im Jahre 1926

Die Grundlage einer eigenen südafrikanischen Maschinenindustrie wurde im vorigen Jahre in erster Linie durch Inbetriebnahme eines Hochofens in Newcastle (Natal) geschaffen. Der Ofen liefert in einer Woche 1000 bis 1200 t Roheisen. So ist die südafrikanische Union jetzt in der Lage, im eigenen Lande Schraubenbolzen und Muttern herzustellen. Außerdem wird ein großes Eisendrahtwerk in kürzester Zeit die Erzeugung aufnehmen und den Eigenbedarf der Union an Drahtgittern, Packdraht, Eiseneinlagen für Betonbauten, verschiedenen Drahtsorten für Drahtseilherstellung vollauf decken. Schon jetzt wird ein großer Teil der für die Gruben bestimmten Drahtseile in einem Werk bei Johannesburg hergestellt.

Der gesamte elektrisch betriebene Abschnitt der Natal-Eisenbahn ist im Laufe des Jahres 1926 in Betrieb genommen worden, allerdings hat der Betrieb mit schweren Zügen den Oberbau zum Teil ernsthaft beschädigt. Man wird daher in Zukunft Schienen aus besserem Stahl mit größerem Profil verwenden.

Bei Witbank ist ein Dampfkraftwerk mit drei Maschinensätzen von je 20 000 kW bei 3000 Uml./min in Betrieb genommen worden. Es soll außerordentlich wirtschaftlich arbeiten. Man erwartet daher, daß sich viele Industrien in der Nähe dieses Kraftwerks ansiedeln werden. In Kapstadt und Durban hat die Verwendung der Elektrizität im Haushalte große Fortschritte gemacht. Bedeutende Weiterentwicklung ist im Bau der Wasserwerke zu verzeichnen, wobei Eisenbetonröhren weitestgehend benutzt wurden. Die Entwässerungsanlagen sind bereits gut durchgebildet und werden nach neuzeitlichen Gesichtspunkten weiterentwickelt. Bedeutende Hafenerweiterungen wurden in Port Elisabeth, East London und Kapstadt gemacht. In Durban sind neue Werftanlagen im Bau. („The Engineer“ 25. Februar 1927 S. 221) [N 231 f] Krs.

Die Arbeitsmaschinen der amerikanischen Kraftwagenindustrie

Nach einer vom „American Machinist“ angestellten Erhebung, deren Ergebnis jetzt bekannt gegeben wird, besaß die Kraftwagenteile und -körper herstellende Industrie der Vereinigten Staaten 1925 insgesamt rd. 122 000 Werkzeugmaschinen aller Arten, d. h. auf je 100 Arbeiter 76 Maschinen. Der größte Anteil entfällt auf Drehbänke mit 22,3 vH der Gesamtzahl. Bemerkenswert ist das Vorherrschen der Schleif- und Poliermaschinen, die etwa den sechsten Teil des gesamten Maschinenparks ausmachen. Die Zahl der Bearbeitungsmaschinen mit drehender Hauptbewegung beträgt 73,2 vH der Gesamtzahl, gegen nur 2,2 vH an Hobel-, Stoß- und Querhobelmaschinen. Schmiedemaschinen und Pressen umfassen 11,1 vH. Das Lebensalter der Maschinen ist verhältnismäßig gering; nur 29 vH der Gesamtzahl sind 10 Jahre oder länger im Betrieb. Besonders sind die Schmiede- und Nietmaschinen ganz überwiegend jüngerer Herkunft, ein Beweis dafür, daß spanlose Formung und Ersatz der Handarbeit beim Zusammenbau durch Maschinen in steigendem Maß angewandt werden. („American Machinist“ 12. Februar 1927 S. 9*) [N 231 g] Spr.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Lehrbuch des Hochbaues. Herausgeg. von Esselborn. 2. Bd. Bearb. von Josef und Rudolf Durm. Leipzig 1926, Wilhelm Engelmann. 795 S. m. zahlr. Abb. Preis 20,50 *M*.

Der soeben in neuer Auflage erschienene 2. Band des bekannten Lehrbuches ergänzt den 1. Band des Werkes, der den Grundbau und die Baukonstruktionen behandelt, durch eine lose Aufzählung der für die Gestaltung des Bauwerkes notwendigen Teile und gibt in den letzten Kapiteln eine Übersicht über die Gestaltung von Wohn- und öffentlichen Bauten sowie über die Innendekoration aus dem Gebiet des Monumental- und Wohnbaues.

Das Bestechende des Werkes ist die übersichtliche Anordnung des umfangreichen Stoffes, die kurze und sachliche Form, in der das Wesentliche gesagt wird und die reichhaltigen Abbildungen. Im ersten Kapitel wird die Baukunst technisch-historisch untersucht. Eine Übersicht über die Bauformenlehre bringt das 2. Kapitel, das den Einfluß des Baustoffes auf Konstruktion und Formgebung der Bauteile behandelt. Im 3. Kapitel werden die optischen Täuschungen und ihre Berichtigung bei der Ausführung von Bauten besprochen. Das Glas als Baustoff behandelt das 4. Kapitel.

Das 5. Kapitel gibt eine Übersicht über die Konstruktion und Formgebung von Gewölben vom Altertum bis zur Neuzeit, das 6. Kapitel aus der Fülle des Stoffes hervorragende Beispiele von Gewölben. Mit der Ausbildung von Dach und Decke, der Dachaufbauten, Bekrönungen, Kamine usw. beschäftigt sich das 7. Kapitel. Das 8. Kapitel bringt eine kurze Übersicht über das Werden und Wandeln des Ornamentes. Den Wohnhausbau, seine geschichtliche Entwicklung, im besonderen die des deutschen Wohnhauses und schließlich die neueste Gestaltung der verschiedenen Arten von Wohngebäuden behandeln die folgenden Kapitel.

Schließlich werden Bauaufgaben verschiedener Art wie Schulhausbauten, Gerichtsgebäude, Rathäuser und Sakralbauten, Bahnhöfe, Industriebauten, Warenhäuser und Hochhäuser erläutert.

Aus der gedrängten Übersicht ersieht man, ein wie gewaltiger Stoff in diesem Werk verarbeitet ist. Trotzdem ist die Behandlung der verschiedenen Themen so anregend, daß das Buch nie ermüdend und trocken wirkt, sondern daß man es dankbar für die vielen Anregungen und Belehrungen vom ersten bis zum letzten Kapitel durcharbeiten kann. [E 79] M. Pinkus

Freitragende Holzbauten. Von C. Kersten. 2. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 339 S. m. 742 Abb. Preis 36 *M*.

Das in erster Auflage 1919 erschienene, sehr bekanntgewordene Buch füllte damals eine fühlbare Lücke aus, indem es auf die in Anpassung an den Baustoffmangel während des Krieges wieder zu kräftigem Leben erwachte, lange vernachlässigte Kunst der Verwendung von Holz zu Ingenieurbaukonstruktionen hinwies und ein Bild der in wenigen Jahren erreichten erstaunlichen Fortschritte gab. Daß auch nach Änderung der Voraussetzungen für das plötzliche Wiedererstarken die Holzbautechnik im Ingenieurbau die errungene Stellung behauptet und sich weiter entwickelt hat, zeigt die jetzt vorliegende stark erweiterte Auflage. Der Verfasser hat wohl daran getan, die Einteilung und Behandlung des Stoffes zu ändern. Die Übersichtlichkeit hat dadurch sehr gewonnen. Auch die Beschränkung des Theoretischen auf das Notwendigste über Festigkeiten und Beanspruchungen dient dem ausgesprochenen Zweck des Buches, dem Ingenieur der Praxis und dem Zimmermeister ein Berater zu sein.

In drei Hauptabschnitten werden Wesen und Eigenschaften des freitragenden Holzbaues, Konstruktionsregeln und Ausführungsbeispiele und die Eigenschaften, Festigkeiten und zulässigen Beanspruchungen des Bauholzes behandelt. Der erste Abschnitt bringt wertvolle Erörterungen über die die neuere Entwicklung kennzeichnenden Verbindungsmittel und die Ausführungen der Träger. Der Schwerpunkt liegt im zweiten Teil, worin eine Fülle von neueren und neuesten Konstruktionen, vorwiegend Dachbindern von Hochbauten und Hallen aller Arten und Spannweiten bis zu der Spitzenleistung der Westfalenhalle in Dortmund mit 76 m Spannweite, dargestellt und besprochen wird. Das Buch wird jedem Ingenieur, der freitragende Holzkonstruktionen auszuführen hat, willkommen sein. Wiedergabe der Abbildungen und Ausstattung des Buches lassen nichts zu wünschen übrig. [E 47] Bu.

Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie. Von W. Scholz und E. Valentin. 3. Jahrgang. Berlin 1927, Dr. Ernst Valentin Verlag. 366 S. m. vielen Abb. Preis 6 *M*.

Der neue Jahrgang des bekannten Werkes wird eingeleitet durch einen ausführlichen Bericht über die Entwicklung der deutschen Kraftfahrzeugindustrie im Jahre 1925/26, der das Ergebnis der amtlichen Zählung der Kraftfahrzeuge und andrer Statistiken auswertet und auch einige Angaben über die Tätigkeit des Reichsverbandes der Automobilindustrie auf den Gebieten der Normung enthält. Beachtung verdient ferner ein ausführlicher Bericht über die Entwicklung der heutigen Kraftdroschken in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht, der manche neue Gesichtspunkte zum Ausdruck bringt. Auffallend ist hier u. a., wie weit die übrigen Großstädte Deutschlands in bezug auf die Zahl der vorhandenen Kraftdroschken hinter Berlin zurückgeblieben sind. In einem weiteren größeren Aufsatz werden wirtschaftliche und bauliche Merkmale der Kraftfahrzeuge für Sonderzwecke, namentlich der Kippwagen, der Feuerwehrfahrzeuge, der Straßenreinigungsfahrzeuge usw., behandelt, die einen wichtigen Zweig des gesamten Nutzfahrzeugbaues bilden. In kürzeren Arbeiten sind dann noch Rechtsfragen, Kugellager für Radnaben, Fahrzeuge für den Straßenbau usw. behandelt.

Wertvoll ist, daß am Schluß der Inhalt wichtiger Aufsätze aus dem Gebiet der Kraftfahrzeugtechnik aus in- und ausländischen Zeitschriften für den Zeitraum eines Jahres in einer Art Zeitschriftenschau zusammengestellt ist. Ist diese Übersicht auch unvollständig, so gibt sie doch dem Leser ungefähr zu erkennen, mit welchen Fragen man sich im abgelaufenen Jahr wohl am eifrigsten beschäftigt hat. Im vorliegenden Fall scheinen dies namentlich die Gebiete der Brennstoffe, der Fabrikationsverfahren, der Stoffkunde und der allgemeinen Wirtschaft gewesen zu sein.

Das Buch verdient seines reichen Inhalts und seines verhältnismäßig niedrigen Preises wegen große Verbreitung. [E 33] Dr. Heller.

Selbstkostenberechnung in der Gießerei. Von Ernst Brütsch. Berlin 1926, Julius Springer. 69 S. m. 6 Tab. Preis 4,80 *M*.

Jeder Betrieb braucht für die wirtschaftliche Überwachung seiner Erzeugung und als Grundlage für die Preisstellung ein zuverlässiges Verfahren der Kostenermittlung. Verfasser leitet, gestützt auf praktische Erfahrungen, ein einfaches und anpassungsfähiges Kalkulationsverfahren ab.

Die Arbeit und die früheren Veröffentlichungen bieten vielleicht die Grundlage für eine Einigung auf allgemeingültige Grundsätze der Kalkulation und auf ein einfaches, zuverlässiges Verfahren, das diese Grundsätze voll zur Geltung bringt. Unterlagen hierfür dürften in erster Linie die Arbeiten des Reichsausschusses für Arbeitzeitermittlung geben. [E 34] W. W.

Die Spiritusfabrikation und ihre Nebenprodukte. Von A. Wagner. Braunschweig 1925, Serger & Hempel. 718 S. m. 354 Abb., 16 Plänen und 38 Tab. Preis 21 *M*.

Das Buch befaßt sich in der Hauptsache mit der landwirtschaftlichen Brennerei, während die andern Verfahren zur Alkoholgewinnung in einer ihrer großen Bedeutung nicht gerecht werdenden kurzen Art abgehandelt werden. Die Rohstoffe, die technische Erzeugung des Alkohols und die Untersuchungsverfahren werden eingehend beschrieben. Als besonders wertvoll muß die an den Anfang des Buches gestellte 42 Seiten umfassende geschichtliche Einleitung bezeichnet werden. [E 28] Gs.

Die Milchindustrie der Vereinigten Staaten von Amerika. Von B. Lichtenberger. Hildesheim 1926, Molkerei-Zeitung. 275 S. m. 29 Taf. und 84 Abb. Preis 10 *M*.

Das Buch berichtet über eine amerikanische Studienreise, die zur Erlangung von Vorbildern für die Hebung der deutschen Milchwirtschaft unternommen wurde. Es behandelt die maschinentechnische Seite der Frage, schlägt die Brücken zu den übrigen milchwirtschaftlichen Gebieten, vermeidet aber dabei jeden Übergriff. Das Bild, das sich aus dem Buch ergibt, steht im Einklang mit denen, die uns die Reisenden aus andern landwirtschaftlichen Zweigen Amerikas gebracht haben: starke Schatten, aber viel Licht; Amerika verdankt seinen Vorsprung nicht nur seinen Hilfsquellen, sondern auch seinem zweckmäßigen Arbeiten, das

auf Güte und Billigkeit des Erzeugnisses und auf guten Verdienst des erzeugenden Unternehmens gerichtet ist. Am wichtigsten ist der Teil des Buches, der zeigt, wie erreicht wurde, daß dem Kunden gesunde, genügend haltbare, wohlschmeckende, gefällige Trinkmilch geliefert wird. [E 42] Martiny

Über die neuesten Wasserschall-Apparate und ihre Anwendungen. Von E. Lübcke. Berlin 1926, Verlag Hachmeister & Thal. 29 S. m. 26 Abb. Preis 1,50 *M*.

Wasserschallsender und -aufnehmer hat man besonders während des Weltkrieges weitgehend ausgebildet und werden heute in der Schiffahrt zur Feststellung von wagerechten und senkrechten Entfernungen (Loten) vielfach verwendet. Das Werk enthält Beschreibungen der in den verschiedenen Ländern ausgebildeten Sender und Empfänger zur Bestimmung der Richtung, des Abstandes, Ortes und der Tiefe. [E 29]

Luegers Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. Herausgeg. von E. Frey. 3. Aufl. Stuttgart 1926, Deutsche Verlags-Anstalt. 1. Bd.: A bis Bohren 811 S. 2. Bd.: Bohröle bis Elektrum 808 S. m. zahlr. Abb. Preis je Bd. 45 *M*.

Das Bestreben, in den beiden Bänden den neuesten Stand der Technik darzustellen, ist wohl in den meisten Fällen gelungen. Ein Abschnitt über Bildtelegraphie wird vermißt. Die theoretischen Erörterungen sind, wie auch in der zweiten Auflage, knapp und zufriedenstellend klar gehalten. Eine weitergehende Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit von Maschinen und Gesamtanlagen wäre angesichts der jetzt herrschenden stabilen Wirtschaftsverhältnisse in vielen Kapiteln des Buches möglich gewesen. Die Hinweise auf das bestehende Schrifttum sind überall reichlich vorhanden. [E 38] Gs.

Vom Geist der Wirtschaft. Von W. Büsselberg. Berlin 1926, Verband öffentlicher Feuerversicherungsanstalten in Deutschland. 186 S. Preis 5 *M*.

Die Richtwege in Deutschlands Zukunft, die der Verfasser gibt, tun der heutigen Zeit mehr denn je not. Die Schärfe des wirtschaftlichen Kampfes, in dem wir stehen, erfordert planmäßige Arbeit aller Kreise, Zusammenfassung aller Kräfte. Vergeudung von Arbeitskräften und Produktionsmitteln bedeutet eine Schwächung der Volkswirtschaft, die wir uns heute nicht mehr leisten können. Bei uns selber müssen wir anfangen; daher ist Dr. Büsselbergs Ruf nach Persönlichkeitskultur und Personalauslese, nach „Arbeitskultur" berechtigt.

Unsere Wirtschaft krankt an dem Mangel an wirklichen Führern, an Männern, die bei ihrem Wirken stets das Wohl der gesamten Volkswirtschaft im Auge haben. Weiterhin müssen wir allen Fragen der Organisation größte Aufmerksamkeit schenken. Der betreffende Abschnitt des Buches beruht zwar im wesentlichen auf den Ideen von Ford, vermeidet aber den schon so oft begangenen Fehler, Amerikanisches ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen zu wollen. Der Verfasser zeigt uns, wo hier die Grenzen liegen. Andre Gebiete, die behandelt werden, sind die deutsche Volksernährung, die Finanzwirtschaft und Finanzpolitik.

Bei der Fülle des hier nur angedeuteten Stoffes und dem geringen Umfang der Schrift war natürlich keine Erörterung der Probleme bis in die letzten Folgerungen möglich; aber dem Verfasser kam es wohl in erster Linie darauf an, den Zusammenhang aller Fragen und ihre Bedeutung für die Entwicklung der Zukunft zu zeigen. Die Schrift bietet nicht nur den im Wirtschaftsleben Stehenden, sondern jedem Denkenden eine Fülle von Anregungen zum weiteren Studium. Der Wert der Arbeit wird auch nicht dadurch vermindert, daß ein Teil der Vorschläge nicht durchführbar sein wird oder daß andere über das Ziel hinausgehen.

Dr. Büsselberg wendet sich im Vorwort in erster Linie an die Jugend, die sich in noch stärkerem Maße mit all den Dingen auseinanderzusetzen haben wird. Da es unsre Aufgabe ist, die neue Generation für diesen Kampf zu erziehen und sie auf die Kernpunkte rechtzeitig aufmerksam zu machen, ist der Schrift auch in diesem Kreis eine weite Verbreitung zu wünschen. [E 35] Dr. Engelbrecht

Statistische Betriebsüberwachung. Von Herbert Antoine. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 85 S. m. 10 Abb. Preis 5 *M*.

Allgemeine Betriebswirtschaftslehre der kaufmännischen Unternehmung. Von Georg Rost. Stuttgart 1926, C. E. Poeschel. 127 S. Preis 3,40 *M*.

Geschichte der bayerischen Industrie. Herausg. von Alfred Kuhlo. München 1926, Bayerische Druckerei u. Verlagsanstalt. 527 S. m. zahlr. Abb. Preis 16 *M*.

Kultur des Handwerks. 1. H. Dezember 1926. Amtliche Zeitschrift der Ausstellung München 1927 „Das bayerische Handwerk". 32 S. m. Abb.

50 Jahre Münchener Straßenbahn 1876 bis 1926. Aus Anlaß des 50jährigen Bestehens der Münchener Straßenbahn herausgeg. Von Oberbaudirektor Scholler. 126 S. m. zahlr. Abb.

Weltpolitische Bildungsarbeit an Preußischen Hochschulen. Festschrift aus Anlaß des 50. Geburtstages des Preußischen Ministers für Wissenschaft, Kunst u. Volksbildung Herrn Prof. C. H. Becker. Berlin 1926, Reimar Hobbing. 190 S. Preis 7,50 *M*.

Reichsadreßbuch für das Baugewerbe. Ausgabe 1926/27. Herausg. i. Verb. m. d. Bund deutscher Architekten. Düsseldorf 1926, Gebr. Mentzen u. Sasse. 1279 S. Preis 25 *M*.

Deutschlands wirtschaftliche Lage an der Jahreswende 1926/27. Herausg. v. d. Reichs-Kredit-Gesellschaft A.-G. Berlin. 46 S.

Das Wirtschaftsjahr 1926. Jahresbericht der Arbeitsgemeinschaft der Industrie- u. Handelskammern des Ruhrbezirks zu Bochum, Dortmund, Duisburg-Ruhrort, Essen, Krefeld und Münster. Essen 1926, W. Girardet. 391 S.

Die Tätigkeit der Niederrheinischen Industrie- u. Handelskammer Duisburg-Wesel im Jahre 1926. Als Ergänzung z. Jahresbericht d. Arbeitsgemeinschaft der Industrie- u. Handelskammern zu Bochum, Dortmund, Duisburg-Ruhrort, Essen, Krefeld und Münster. Herausg. v. d. Niederrheinischen Industrie- u. Handelskammer Duisburg-Wesel zu Duisburg-Ruhrort. 23 S.

Zeitungs-Katalog 1927. 53. Aufl. Berlin 1927. Annonzen-Expedition Rudolf Mosse. 994 S. Preis 10 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 19. MÄRZ 1927 NR. 12

Kupfer als Werkstoff

Von P. Melchior, AEG-Fabriken-Oberleitung, wissenschaftliche Abteilung, Berlin

Gewinnung und Handelsform des Rohkupfers — Gefügeaufbau, Zustandsschaubild — chemische und physikalische Eigenschaften Technologisches — Einfluß der Glühbehandlung — Einfluß der Verunreinigungen — Krankheitserscheinungen — Verwendung

Wenn auch Eisen heute das weltbeherrschende Metall ist, so steht unter den Nichteisenmetallen das Kupfer an Wert und Menge an erster Stelle und übertrifft an weltwirtschaftlicher Bedeutung selbst das Gold. Die Kupfererzeugung von etwa 1,2 Mill. t in einem Jahr auf der Erde im Werte von etwa 1,5 Milliarden Mark entfällt zum größten Teil auf Amerika und dort hauptsächlich auf die Halbinsel zwischen Oberem See und Michigan-See. Ein großer Teil des Kupfers wird zur Herstellung von Kupferlegierungen verbraucht, von denen Messing, Rotguß und Bronze die wichtigsten sind. Reines Kupfer dagegen bildet den wichtigsten Werkstoff für elektrische Leitungen, wird aber auch in einer Reihe besonderer Fälle im allgemeinen Maschinenbau verwendet. Für die Anwendung des Kupfers sind seine besonderen technologischen, mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften maßgebend. Die Kenntnis dieser Eigenschaften ist daher für den Ingenieur nützlich und notwendig, wenn er das Kupfer dort, wo es andern Werkstoffen überlegen ist, mit Vorteil benutzen will.

Handliche Bücher, die dem Ingenieur die notwendigen Kenntnisse über Kupfer vermitteln, werden von vielen dankbar begrüßt werden. Die Notwendigkeit, eine Monographie über Kupfer herauszugeben, ist zuerst vom Bureau of Standards, Washington, erkannt worden. Das Bureau of Standards hat bereits vor Jahren eine solche Sonderschrift verfaßt, in der die Kenntnisse vom Kupfer nach dem damaligen Stande der Wissenschaft zusammengestellt und übersichtlich dargestellt waren. Bereits 1922 wurde eine zweite Auflage, durch die inzwischen erschienenen Forschungsergebnisse ergänzt, herausgegeben. Da diese Schrift in englischer Sprache abgefaßt ist, ist sie in Deutschland nur einer beschränkten Zahl von Ingenieuren zugänglich. Die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde hat nun in sehr verdienstlicher Weise das Werk übersetzen lassen und kürzlich herausgegeben[1]. An Hand dieser Schrift soll im folgenden über unsere gegenwärtige Kenntnis vom Kupfer als Werkstoff berichtet werden.

Gewinnung und Handelsform des Rohkupfers

Das Kupfer wird gewöhnlich aus den an zahlreichen Stellen der Erde vorkommenden Kupfererzen hüttenmännisch gewonnen. Nur am Oberen See im Staate Michigan kommt gediegenes Kupfer in großen Mengen vor, das als Lake-Kupfer bekannt ist und sich durch besondere Güte auszeichnet. Viele andere Metalle begleiten das Kupfer, vor allem Eisen, Nickel, Blei, Antimon, Arsen, Selen, Tellur, Schwefel, Silber, Gold und zuweilen Wismut, Platin und Palladium. So wird z. B. in den uralten Betrieben der Mansfelder kupferschieferbauenden Gewerkschaft neben Kupfer auch Silber in beträchtlicher Menge gewonnen. Das aus den Erzen zunächst erschmolzene Rohkupfer (Blasenkupfer, Schwarzkupfer) wird entweder im Flammofen oder elektrolytisch raffiniert und heißt dann Raffinadekupfer oder im zweiten Fall Elektrolytkupfer. Das Raffinadekupfer wird neuerdings allgemein, besonders auch vom Deutschen Normenausschuß, als Hüttenkupfer bezeichnet. Bei der Elektrolyse wird das Rohkupfer in einer Lösung von Schwefelsäure und Kupfersulfat vollständig aufgelöst und im gleichen Arbeitsgange auf dünnen Kupferblechen, die als Kathoden eingehängt sind, wieder niedergeschlagen, wobei die fremden Beimengungen teils gelöst bleiben, teils in den Anodenschlamm übergehen. Die so erhaltenen Kathoden lassen sich unmittelbar nicht weiter verarbeiten und werden daher gewöhnlich zu Drahtknüppeln umgeschmolzen, die unter der englischen Bezeichnung „wire bars" auch in Deutschland bekannt sind.

Für den Handel sind die Klassenbezeichnungen der Londoner Metallbörse auch in Deutschland noch maßgebend. Die Klasseneinteilung selbst ist annähernd in das Normenblatt DIN 1708 übergegangen. Als „Standard-Kupfer" gilt nach den Regeln der Londoner Metallbörse jede Hütten-Kupfersorte mit wenigstens 99 vH Reingehalt, wobei der Preis nach bestimmten Regeln vom Reinheitsgrad abhängig ist. Einen Vergleich der englischen Standard-Kupfermarken mit dem Hüttenkupfer nach DIN 1708 zeigt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Vergleich der englischen Standard-Kupfermarken mit dem Hüttenkupfer nach DIN 1708

Standard-Kupfer		Hüttenkupfer nach DIN 1708	
Marke	Reingehalt vH	Marke	Reingehalt vH
A	99 bis 99,3	A-Cu	mindestens 99,0
B	99,3 „ 99,8	B-Cu	„ 99,0 (arsenarm)
C	mindestens 99,8	C-Cu	mindestens 99,4
D	unter 99	D-Cu	„ 99,6

Das nach besonderem Verfahren gewonnene englische „best selected"-Kupfer hat etwa 99,5 vH Reingehalt und darüber. Für Elektrolytkupfer kann mindestens 99,9 vH Reingehalt angenommen werden; erreicht werden oft 99,96 und darüber, so daß technisches Elektrolytkupfer in fast absoluter chemischer Reinheit geliefert wird. In den deutschen Normen wird deshalb der Reingehalt für Elektrolytkupfer gar nicht vorgeschrieben, sondern statt dessen die elektrische Leitfähigkeit.

Die Handelsformen für Rohkupfer sind:
- Gußblöckchen von etwa 9 bis 10 kg Gewicht;
- Barren (Gußblöcke) von etwa 34 bis 50 kg;
- Anoden von etwa 65, 130 und 190 kg;
- Cakes, d. h. flache, annähernd quadratische Gußblöcke (Brammen) zum Blechwalzen von etwa 70 bis 3000 kg;
- Drahtknüppel (wire bars) für die Herstellung von Draht von etwa 60 bis 230, gewöhnlich 91 und 103 kg;
- Kathoden von etwa 8 bis 13 mm Dicke im Format $400 \times 900\ mm^2$ 37 kg, von $350 \times 1700\ mm^2$ 62 kg, von $700 \times 900\ mm^2$ 64 kg.

[1] Kupfer: Gewinnung, Gefügeaufbau, chemische und physikalische Eigenschaften, Technologie und Krankheitserscheinungen, Berlin 1926, VDI-Verlag. Preis 5,50 *M*. (Im folgenden „Kupferbuch" genannt.)

Mehr als die Hälfte des erzeugten Kupfers wird von der Elektrotechnik verbraucht. In den Vereinigten Staaten verteilte sich 1913 das Kupfer auf die verschiedenen Verwendungsformen wie folgt:

Kupferdraht	52 vH
Kupferblech	14 „
Kupfer für Messing-Halbzeug	29 „
Kupfer für Gußlegierungen	5 „

In Deutschland dürfte die Verteilung etwas anders sein, weil hier z. B. die Lokomotiven Feuerkiste und Stehbolzen aus Kupfer erhalten, während in Amerika Eisen verwandt wird.

Im Kupferbuch sind ausführliche Zahlentafeln über die chemische Zusammensetzung einer Reihe handelsüblicher Kupfersorten aus den Vereinigten Staaten, England, Deutschland, Österreich, Japan und Australien enthalten, ferner Zahlentafeln über die jährliche Erzeugung jeder einzelnen Kupferhütte und Raffinerie in den Vereinigten Staaten und in Kanada, über die Kupfergewinnung in verschiedenen Ländern der Erde und den einzelnen der Vereinigten Staaten für mehrere Jahre seit 1913, über die Verteilung der Kupfermengen auf die verschiedenen Kupfersorten in den Vereinigten Staaten, über Eigenverbrauch, Einfuhr und Ausfuhr der Vereinigten Staaten und schließlich ein Schaubild über die stark schwankenden Kupferpreise von 1900 bis 1920. Aus diesem Schaubild ist zu erkennen, daß Lakekupfer stets noch etwas höher bewertet wird als Elektrolytkupfer.

Gefügeaufbau des Kupfers

Kupfer besteht, wie jedes Metall, gewöhnlich aus einem Haufwerk von Kristalliten, deren Abmessungen je nach ihrer Entstehungsgeschichte von einigen hundertsteln Millimetern bis zu mehreren Zentimetern wechseln können. Vor einigen Jahren ist es sogar gelungen, Einkristalle von Faustgröße und in Form langer Stäbe zu züchten. Das durch Ätzen sichtbar gemachte Gefügebild unterscheidet sich in seiner Anordnung nicht von dem Gefügebild anderer reiner Metalle, wohl aber durch die Farbe. Von den Verunreinigungen im Kupfer ist besonders deutlich der Sauerstoff (als Oxydul) zu erkennen. Das Kupferoxydul Cu_2O ist in festem Kupfer fast unlöslich und bildet mit ihm ein Eutektikum bei 3,45 vH Cu_2O. Es fällt im mikroskopischen Bild durch seine blaugraue Farbe auf, die mit andern Einschlüssen des Kupfers nicht verwechselt werden kann und gestattet, den Oxydulgehalt abzuschätzen oder planimetrisch zu bestimmen. Außer Cu_2O sind auch Blei und Wismut als Fremdbestandteile unter dem Mikroskop erkennbar, während die übrigen im Kupfer vorkommenden Verunreinigungen gelöst und deshalb unsichtbar sind. Man kann auf ihr Vorhandensein höchstens aus dendritischem Gefüge im Gußkupfer schließen.

Das je nach der Abkühlungsgeschwindigkeit weniger oder mehr grobe Gußgefüge wird durch die Reckbearbeitung zertrümmert, doch rekristallisiert es in der Wärme. In kalt gezogenem Kupfer sind die Kristalle in der Ziehrichtung gestreckt und von zahlreichen Ätzlinien senkrecht dazu durchsetzt. Durch Kaltbearbeitung kann das Korn bis auf etwa 0,01 bis 0,08 mm verfeinert werden, aber beim Glühen wächst das Korn wieder bis auf 0,1 oder 0,4 mm, je nach dem Grade der vorangegangenen Kaltreckung, der Glühtemperatur und Glühdauer. Vorhandene Oxydulcinschlüsse erschweren die Vereinigung benachbarter Körner und somit das Kristallwachstum.

Die zur mikroskopischen Beobachtung polierten Kupferschliffe ätzt man zweckmäßig mit Ammoniak, Ammoniumpersulfat oder mit einer Mischung von beiden. Auch Wasserstoffsuperoxyd mit Ammoniak ist brauchbar.

Zustandschaubild

Im festen Zustande zeigt Kupfer keine Umwandlungspunkte, weder bei thermischer Analyse noch bei mikroskopischer Beobachtung. Gelegentlich beobachtete angeblich allotrope Modifikationen sind auf Verunreinigungen (z. B. durch Cu_2O) oder durch innere Spannungen zu erklären.

Chemische Eigenschaften

In trockner Luft ist Kupfer sehr beständig und beginnt erst bei Temperaturen von 180 ° zu oxydieren, wobei Kupferoxyd, CuO, und Kupferoxydul, Cu_2O, entstehen und einen ziemlich dichten Überzug bilden. Feuchte Luft von Zimmertemperatur greift Kupfer an und bildet Grünspan, wenn gleichzeitig Kohlensäure, CO_2, anwesend ist. Für sich allein greifen Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenmonoxyd, Kohlendioxyd und Wasserdampf Kupfer auch bei hohen Temperaturen nur wenig an, allerdings macht überhitzter Dampf Kupfer brüchig. Bei Gegenwart von Ammoniak verbindet sich Kupfer sehr lebhaft mit Sauerstoff; man benutzt diese Reaktion zur Sauerstoffabsorption.

Von Salpetersäure wird Kupfer leicht gelöst, von verdünnter Salzsäure und Schwefelsäure aber nur bei Gegenwart von Luft. Gegen gewisse organische Säuren, Salzlösungen und Seewasser ist Kupfer ziemlich beständig. Heiße konzentrierte Schwefelsäure löst Kupfer unter Bildung von Kupfervitriol, CuSO.

Kupfer hat in Lösung einwertige Cuproionen und zweiwertige Cuproionen. Das Cuproion ist wenig beständig.

Physikalische Eigenschaften

1. Spezifisches Gewicht. Die Dichte von gegossenem Kupfer beträgt etwa 8,89 g/cm³, sofern keine Gasblasen eingeschlossen sind; sonst entsprechend weniger. Bei gezogenem weichen Kupferdraht findet man als Dichten gewöhnlich 8,87 bis 8,91, ausnahmsweise auch Werte bis 8,94 und herab zu 8,83 g/cm³. Als Norm hat die Internationale Elektrotechnische Kommission 8,89 g/cm³ angenommen, damit der Drahtquerschnitt durch Wägen einer abgemessenen Drahtlänge in einheitlicher Weise berechnet werden kann. Die im Vergleich zu andern Metallen geringen Schwankungen im spezifischen Gewicht werden zum Teil auf Risse im Innern, zum Teil auf den wechselnden Gehalt an Sauerstoff oder Oxydul zurückgeführt. 0,03 vH O_2 erniedrigt die Dichte um rd. 0,01 g/cm³.

2. Elektrische Leitfähigkeit. Die elektrische Leitfähigkeit von technisch reinem Kupfer ist im allgemeinen nur geringen Schwankungen unterworfen. Eine vom Bureau of Standards angestellte Untersuchung von 89 Proben reinsten Handelskupfers in geglühtem Zustand, die von 14 verschiedenen Firmen stammten, ergab als Mittelwert der Leitfähigkeit bei 20 ° 58,135 m/Ω mm² mit einer mittleren Abweichung von 0,16 vH und einer größten Abweichung von 1,7 vH. Die Leitfähigkeit von hartgezogenem Kupfer ist stets etwas geringer. Die höchsten bei gewöhnlichem Kupfer festgestellten Werte sind etwa 57,8 m/Ω mm² bei hartgezogenem Draht und 59,1 m/Ω mm² bei geglühtem Draht, stets bei 20 ° gemessen. Einkristalle aus Kupfer haben in bevorzugten Richtungen eine Leitfähigkeit von etwa 65 m/Ω mm².

Die Internationale Elektrotechnische Kommission hat 1913 als Normalwert der Leitfähigkeit von weichem Kupfer bei 20 ° 58,0 m/Ω mm² oder einen spezifischen Widerstand von 0,017 241 Ω mm²/m angenommen. Da gleichzeitig der Normalwert des spezifischen Gewichtes zu 8,89 g/cm³ angenommen wurde, ergibt sich der „spezifische Massewiderstand" zu 0,152 92 Ω g/m². Außer mit diesem, bei uns wenig angewandten Begriff rechnet man in Amerika auch viel mit der relativen Leitfähigkeit, bei der die von der Internationalen Kommission als Norm festgesetzte Leitfähigkeit von 58 m/Ω mm² als Bezugseinheit gewählt wird. Bei einer Prüfung von etwa 90 Proben reinsten Handelskupfers durch das Bureau of Standards haben die Elektrolytkupferproben geglüht im Mittel 100,3 vH Leitfähigkeit ergeben, die Proben aus Lakekupfer 100,0 vH. Der mittlere Unterschied zwischen der Leitfähigkeit von hartem und geglühtem Kupfer beträgt 2,7 vH. Die elektrische Leitfähigkeit ist ein sehr genaues Kennzeichen für die Reinheit des Kupfers und wird deshalb in den Liefervorschriften für Elektrolytkupfer und für die Kupferdrähte der Elektrotechnik in erster Linie vorgeschrieben. In den deutschen Normen für Elektrolytkupfer[2]) ist als ge-

[2]) VDE-Vorschrift von 1914 für Leitungskupfer. Wird durch DIN VDE 500 ersetzt werden.

ringste Leitfähigkeit bisher 56,05 m/Ω mm² (entsprechend 0,017 84 Ω mm²/m) festgesetzt; eine Abstufung der unteren Grenze nach dem Durchmesser der Drähte ist geplant.

Die Leitfähigkeit von Kupfer ist wie bei allen Stoffen von der Temperatur merklich abhängig. Zwischen 10 und 100° kann die Leitfähigkeit von Kupfer mit genügender Genauigkeit (größter Fehler 0,2 vH) als lineare Funktion der Temperatur dargestellt werden. Nach den Kupfernormen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker von 1914 nimmt der Widerstand von Leitungskupfer um 0,000 068 Ω mm²/m °C zu (d. h. $^1/_{262}$ des Widerstandes bei 20°), während die Internationale Elektrotechnische Kommission $^1/_{254}$ auf 1 °C festgesetzt hat. Tatsächlich ist der (relative) Temperaturbeiwert des Widerstandes der Leitfähigkeit (bei 20°) proportional, oder, einfacher gesagt, die spezifische Widerstandzunahme bei Erwärmung ist absolut für alle Kupfersorten gleich, so daß der von der Internationalen Kommission angenommene Ausdruck nur für Kupfer von 100 vH Leitfähigkeit gilt. Will man den Widerstand von Kupfer möglichst genau ausdrücken, so verwendet man zweckmäßig eine Formel mit einem quadratischen Glied neben dem linearen. Dann ergibt sich für Kupferdraht zwischen 0 und 150° die Beziehung zwischen dem Widerstand R_t bei t° und dem Widerstand R_0 bei 0°

$$R_t = R_0 (1 + 0{,}004\,1151\,t - 0{,}000\,002\,t^2).$$

Die Abhängigkeit des Widerstandes und der Leitfähigkeit des Kupfers von der Temperatur ist nicht nur wesentlich für die Elektrotechnik, sondern ermöglicht auch, bequem und recht genau die Temperaturen durch elektrische Widerstandmessung zu bestimmen.

3. Thermische Eigenschaften. a) Schmelzpunkt, Schmelzwärme, Siedepunkt, Dampfdruck. Reines Kupfer schmilzt bei 1083°. Sauerstoffgehalt drückt den Schmelzpunkt herab, und zwar bei 0,395 vH O_2 entsprechend 3,45 vH Cu_2O (Eutektikum) auf 1063°.

Die Schmelzwärme beträgt 43,3 cal/g.

Der Siedepunkt von Kupfer ist umstritten, weil zwischen dem Aufwallen und dem Sieden ein Temperaturbereich von rd. 100 °C liegt. Bei Messungen an Kupfer unter Wasserstoff-Atmosphäre ist als Siedepunkt 2310° gefunden worden. Mit Erniedrigung des Druckes sinkt auch der Siedepunkt. Umgekehrt wird hierbei auch die Abhängigkeit des Kupferdampfdruckes von der Temperatur bestimmt. Der Dampfdruck beträgt

bei 2310 °C	. . . .	1,0 at
„ 2180 °C	. . . .	0,34 „
„ 1980 °C	. . . .	0,13 „

Die Verdampfungswärme ist zu etwa 75 000 cal/g berechnet worden.

b) Wärmeleitfähigkeit. Mit der hohen elektrischen Leitfähigkeit geht die hohe Wärmeleitfähigkeit des Kupfers parallel. Die Wärmeleitfähigkeit ist bei 18° zu 3,73 W/cm · Grad bestimmt worden und entspricht etwa 1 cal/s · cm · Grad.

c) Wärmeausdehnung. Eine einfache Wärmeausdehnungszahl kann man für Kupfer nicht angeben, weil die Wärmeausdehnung keine lineare Funktion der Temperatur ist. Die Wärmeausdehnung ε, bezogen auf die Länge bei 0°, läßt sich bis zu Temperaturen von über 600° durch die folgende Gleichung darstellen:

$$\varepsilon = (16{,}07\,t + 0{,}004\,03\,t^2)\,10^{-6}.$$

Die spezifische Wärme beträgt etwa 0,092 cal/g · Grad, doch ist diese Größe von der Temperatur abhängig. Wegen der Einzelheiten über die spezifische Wärme, ferner über die optischen Beiwerte von Kupfer wie Reflexionsvermögen, Strahlungsvermögen, Absorptions- und Brechungszahl muß auf das Kupferbuch selbst (S. 27 und 28) verwiesen werden.

4. Mechanische Eigenschaften. Bei einer Erörterung der mechanischen Eigenschaften eines Werkstoffes muß man immer beachten, daß die meisten dieser Werte mehr oder weniger davon abhängen, wie sie gemessen werden. Von großem Einfluß sind Form und Größe des Probestabes, die Reckgeschwindigkeit beim Versuch sowie in erster Linie die mechanische und thermische Vorbehandlung.

a) Elastizitätsmodul. Über den Zahlenwert des Elastizitätsmoduls von Kupfer herrscht keine Einigkeit. Dies dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, daß für Kupfer das Hookesche Gesetz der Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung im allgemeinen gar nicht gilt. Vielmehr bekommt ausgeglühtes Kupfer erst durch eine oder wiederholte Vorbelastungen eine genügend erkennbare Elastizitäts- und Proportionalitätsgrenze, deren Höhe ganz von der Vorbelastung abhängt. In erster Annäherung kann der Elastizitätsmodul bei Zimmertemperaturen zu 12 400 bis 13 000 kg/mm² angenommen werden. Der Elastizitätsmodul bleibt bis 100° und darüber annähernd gleich hoch, fällt aber bei 200° auf etwa 10 000 bis 11 000 kg/mm² und bei höheren Temperaturen noch weiter.

b) Zugfestigkeit. Reines Kupfer wird am besten in einen vergleichbaren Bezugzustand gebracht (normalisiert), indem man den gegossenen Barren nach dem Walzen und Ziehen ½ bis 1 h bei 500° ausglüht. Auf die Abkühlungsgeschwindigkeit kommt es nicht an. Die Festigkeitswerte solcher normalisierten Kupferproben liegen in folgenden Grenzen:

Zugfestigkeit	21	bis	28,2 kg/mm
Bruchdehnung (10 fache Meßlänge) . .	35	„	50 vH
„ (4 fache „) . .	40	„	60 „
Einschnürung	40	„	60 „

Wird Kupfer durch Walzen oder Ziehen kalt gereckt, so werden Härte und Zugfestigkeit vergrößert, aber gleichzeitig Dehnung und Einschnürung beim Zugversuch vermindert. Der Einfluß der Kaltbearbeitung auf die mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit des Reckgrades ist in Abb. 1, ferner der Einfluß auf die elektrische Leitfähigkeit in Abb. 2 dargestellt. Beim Kaltziehen von Draht verfestigt sich das Kupfer gleichmäßig über den ganzen Querschnitt, also ohne eine erkennbare größere Härte der Oberfläche.

Abb. 1
Einfluß des Kaltwalzens auf Zugfestigkeit (K_z), Druckdehnung (δ_4) und Einschnürung (ψ) von vorher weich geglühtem Eisen

Abb. 2
Einfluß des Kaltziehens auf Zugfestigkeit (K_z) und Leitfähigkeit I von Kupfer; der Enddurchmesser der Drähte beträgt jedesmal 2 mm

Abb. 3
Härte ($H\,^5/_{500}$), Zugfestigkeit (K_z) und Bruchdehnung δ_{10}) von Kupfer in Abhängigkeit vom Reckgrad. Die Umrahmungszahl $\frac{K_z}{H}$ ist vom Reckgrad stark abhängig

In den Lieferbedingungen B 3—15 der American Society for Testing Materials für weichen Kupferdraht werden Mindestwerte nach Zahlentafel 2 vorgeschrieben.

Für halbharten Draht gelten die Werte (Lieferbedingung B 2—15) von Zahlentafel 3.

Für Drähte von 5,18 mm Dmr. und weniger gilt eine Meßlänge von 1,52 m, bei dickeren Drähten 254 mm.

Für harten Draht sind die Werte nach Zahlentafel 4 festgesetzt. (Lieferbedingung B 1—15, Mindestwerte.)

In den deutschen Lieferbedingungen für Dynamodrähte DIN VDE 6430 ist unabhängig vom Drahtquerschnitt eine Zugfestigkeit von 20 bis 27 kg/mm² angegeben und eine Bruchdehnung (Meßlänge 100 mm) von 30 vH bei Drähten über 1,5 mm Dmr. Bei kleinerem Durchmesser gelten die Werte von Zahlentafel 5.

Für Gußkupfer kann eine Zugfestigkeit von 15 bis 25 kg/mm² angenommen werden.

c) Stauchfestigkeit. Gutes Kupfer kommt beim Stauchversuch überhaupt nicht zu Bruch; es läßt sich vollkommen zu dünnen Plättchen stauchen. Bis zu einer Stauchung ε von 50 vH läßt sich der Widerstand σ von Kupfer gegen Stauchen durch die Formel berechnen:

$$\sigma = 102\ \text{kg/mm}^2\ \sqrt[3]{\varepsilon}.$$

Diese Formel ist von Stauchversuchen an Zylindern abgeleitet, deren ursprüngliche Länge gleich dem dreifachen Durchmesser war.

d) Torsionsfestigkeit. Zahlreiche Verdrehungsversuche, die bis zum Bruch durchgeführt worden sind, haben ergeben, daß Rundstäbe aus Kupfer bei einem Drehmoment M zu Bruche gehen, das der Gleichung

$$M = 280\ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\ d^3$$

bei gegossenem und

$$M = 560\ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\ d^3$$

bei gerecktem Kupfer entspricht, worin d den Durchmesser des Rundstabes bei Beginn des Versuches bedeutet. Rechnet man mit einer linearen Spannungsverteilung über den Querschnitt, wie es in der Materialprüfung üblich ist, so entspricht dem Drehmoment M eine Torsionsfestigkeit $\tau = 14$ bzw. 28 kg/mm².

e) Die Scherfestigkeit von Kupfer kann der Zugfestigkeit etwa gleichgesetzt werden und schwankt, je nach dem Zustand des Kupfers, etwa zwischen 15 und 25 kg/mm². Die Arbeit zum Ausstanzen von Löchern ist anzunehmen zu

$$A = 1400\ \frac{\text{kg}}{\text{cm}}\ d\,h,$$

worin d den Lochdurchmesser und h die Dicke des Kupferbleches bedeutet.

f) Biegefestigkeit. Die Biegefestigkeit liegt je nach dem Zustand des Kupfers zwischen 14 und 28 kg/mm².

g) Härte. Nach der mineralogischen Skala von Mohs hat Kupfer die Härte 2,5 bis 3. Die Ritzhärte (nach Martens) ist für weiches und hartes Kupfer merkwürdigerweise gleich groß, und zwar gibt eine Belastung des Diamantkeiles von 10 g eine Ritzbreite von 0,015 ± 0,001 Millimeter. Die Skleroskophärte von weichem Kupfer beträgt 6 bis 7° Shore, wogegen hartes Kupfer bei 66 vH Kaltreckung eine Härte von 22 bis 24° Shore hat.

Am wichtigsten ist die Kugeldruckhärte; H 10/500 beträgt bei weichem oder gegossenem Kupfer 35 ± 5 kg/mm², bei kalt gerecktem Kupfer bis zu 100 kg/mm². Den Zusammenhang zwischen Kugeldruckhärte und Zugfestigkeit zeigt Abb. 3.

h) Kerbzähigkeit. Über die Kerbzähigkeit von Kupfer liegen nur wenig Untersuchungen vor; anscheinend wird Kupfer verhältnismäßig selten auf Kerbzähigkeit beansprucht. An kleinen Proben von 10 · 10 mm² Querschnitt mit einer scharfen Kerbe von 3 mm Tiefe, die aus

Zahlentafel 2. Mindest-Festigkeitswerte der A. S. T. M. für weichen Kupferdraht

Drahtdurchmesser mm	Zugfestigkeit kg/mm²	Bruchdehnung auf 254 mm vH
11,7 bis 7,4	25,3	35
7,3 „ 2,6	26,0	30
2,59 „ 0,51	27,1	25
0,509 „ 0,076	28,1	20

Zahlentafel 3. Festigkeitswerte der A. S. T. M. für halbharten Kupferdraht

Drahtdurchmesser mm	Zugfestigkeit von kg/mm²	Zugfestigkeit bis kg/mm²	Bruchdehnung mindestens vH
11,7	29,5	34,4	3,75
7,3	32,3	37,2	2,75
2,59	35,4	40,3	1,04
1,02	37,3	42,2	0,88

Zahlentafel 4. Mindest-Festigkeitswerte der A. S. T. M. für harte Kupferdrähte

Drahtdurchmesser mm	Zugfestigkeit kg/mm²	Bruchdehnung vH
11,7	34,4	3,75
7,3	39,4	2,17
2,59	45,6	1,—
1,02	47,1	0,85

Zahlentafel 5. Bruchdehnung nach den deutschen Lieferbedingungen (DIN VDE 6430)

Drahtdurchmesser unter mm	Drahtdurchmesser bis mm	Bruchdehnung mindestens vH
—	1,5	30
1,5	0,4	25
0,4	0,25	20
0,25	0,09	15
0,09	0,05	10
0,05	0,03	7

Abb. 4
Zugfestigkeit und Streckgrenze

Abb. 5
Bruchdehnung

Abb. 4 und 5. Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung von Kupfer bei höheren Temperaturen

— — — Streckgrenze

a Elektrolytkupfer in Luft *b* Arsenkupfer in CO_2, halbweich *c* Arsenkupfer in Luft, weich

Feuerbüchsenblechen gearbeitet waren, hat sich ein deutlich ausgeprägter Unterschied der Kerbzähigkeit in der Längs- und in der Querrichtung ergeben. Von einigen Ausreißern abgesehen, ergaben die Längsproben im Mittel etwa 11 mkg/cm², die Querproben etwa 5,5 mkg/cm². Kupfer mit 2 vH Zinn und 0,45 vH Zink, das also schon zu den Bronzen gerechnet werden muß, hatte längs und quer eine sehr viel höhere Kerbzähigkeit, nämlich 28 und 26 mkg/cm² gezeigt.

i) Dauerbiegefestigkeit (Schwingungsfestigkeit). Die Schwingungsfestigkeit von Kupfer ist außerordentlich schwierig zu bestimmen, da man ganz verschiedene Werte je nach der Art erhält, wie die Belastungen und die Spannungsgrenzen der Schwingungen während des Versuchs eingestellt werden. Untersuchungen des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Metallforschung lassen darauf schließen, daß Kupfer durch allmähliche Steigerung der Beanspruchung gewissermaßen trainiert werden kann und dann Belastungen aushält, bei denen es ohne entsprechende Vorbehandlung nach einiger Zeit zu Bruch gehen würde.

k) Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften von der Wärme. Hier soll zunächst nicht von dem Einfluß einer Warmbehandlung auf die Festigkeitseigenschaften bei Zimmertemperatur gesprochen werden, sondern von den Festigkeitseigenschaften bei erhöhter Temperatur. Die Ergebnisse von Warmzerreißversuchen zeigen Abb. 4 und 5. Es gibt also Kupfersorten, die bei 400° noch ihre volle Festigkeit und sogar etwas erhöhte Bruchdehnung haben und bis über 600° hinaus noch recht beträchtliche Festigkeit zeigen. Allerdings ist die umgebende Atmosphäre von entscheidendem Einfluß; denn in Luft fällt die Festigkeit linear mit steigender Temperatur, die Dehnung sehr stark bei etwa 150°, während in CO_2-Atmosphären die Festigkeitseigenschaften bis zur Rotgluttemperatur erhalten bleiben.

Technologisches

1. G i e ß e n. Schwierigkeiten beim Guß von Kupfer entstehen durch zwei Eigenschaften: durch die Neigung des geschmolzenen Kupfers, Gase zu absorbieren, die sich beim Erstarren als Blasen wieder abscheiden, und durch die Oxydation. Als Schutzmittel wird eine Decke von Holzkohle, zuweilen auch von Kochsalz auf dem Metallbad angewandt. Als Desoxydationsmittel dient Phosphorkupfer, Siliziumkupfer, Borkarbid usw. Als Gießtemperatur wird 1300° empfohlen. Gegossen wird meist in grünem Sand, doch ist auch trockener Sand brauchbar.

Formgußstücke werden verhältnismäßig selten angewandt, doch sind neuerdings bemerkenswerte Fortschritte gemacht worden, um solchen Gußstücken hohe elektrische Leitfähigkeit (etwa 40 bis 48 m/Ω mm²) zu geben, die sie wertvoll für die Verwendung in der Elektrotechnik macht. Früher verzichtete man häufig auf die hohe Leitfähigkeit zugunsten einer leichten Gießbarkeit und fügte dem Kupfer z. B. 1 bis 2 vH Zinn hinzu, doch sank hierdurch die Leitfähigkeit sehr stark, auf etwa 25 bis 20 m/Ω mm². Die besten Ergebnisse hat die General Electric Co. mit Borkarbid zur Desoxydation des Kupfers erreicht. Die Werte sind:

Zugfestigkeit	17,6 kg/mm²
Bruchdehnung (4fache Meßlänge)	48 vH
Einschnürung	74 „
Leitfähigkeit	52 m/Ω mm².

Kupfer schwindet ziemlich stark. Man rechnet mit einem Schwindmaß von etwa 1,4 vH.

2. M e c h a n i s c h e V e r a r b e i t u n g. Die gegossenen Kupferbarren und -blöcke können warm oder kalt oder auch mittels vereinigter Warm- und Kaltbearbeitung zu Halbzeug geschmiedet, gewalzt oder gezogen werden. Die anfänglichen großen Querschnittabnahmen werden gewöhnlich warm, die Fertigbearbeitung wird meist kalt ausgeführt.

Stangen werden in einem Arbeitsgang vom Knüppel warm heruntergewalzt, gebeizt und dann kalt durch Zieheisen auf das fertige Maß gezogen. Draht wird auf 10 bis 6 mm herunter warm gewalzt, gebeizt, dann bis auf etwa 1,2 mm herunter kalt gezogen; soll der Draht noch feiner werden, so wird er geglüht und wiederum gezogen bis herab auf 0,64 mm und vor dem Weiterziehen wiederum geglüht. Weil Draht beim Ziehen hart wird, muß er geglüht werden, falls er weich verlangt wird. Da weicher Draht gewöhnlich auch blank sein soll, schließt sich an das Glühen das Beizen an. Die geeignete Walztemperatur beträgt 750 bis 800°. Zum Weichglühen genügen Temperaturen um 600°. Kupferbleche werden aus Brammen von 7 bis 10 cm Dicke warm bis herab auf 10 bis 6 mm und dann nach Glühen und Beizen kalt bis auf Fertigmaß gewalzt; wenn es notwendig ist, werden Zwischenglühungen, ähnlich wie bei Draht, eingeschaltet, doch gelingt es auch umgekehrt, durch schnelles Arbeiten Feinbleche ohne Zwischenglühung zu walzen. Kupferblech wird bis auf 0,02 mm Dicke hergestellt. Kupferrohre werden aus gegossenen Rundblöcken gewöhnlich nach dem Mannesmann-Verfahren über einem Dorn schräg gewalzt und danach bis zu einem gewissen Durchmesser über einem Dorn (Mandrill) kalt gezogen. Kleine Rohre werden nachher ohne Dorn fertig gezogen, natürlich mit eingeschaltetem Zwischenglühen und Beizen, wo es notwendig ist.

3. S c h w e i ß e n u n d L ö t e n. Kupfer läßt sich ähnlich wie Eisen im Schmiedefeuer schweißen, doch erfordert eine gute Schweißung große Geschicklichkeit und Übung. Als Flußmittel wird Borax entweder allein oder mit Natriumphosphat oder mit Ferrozyankali benutzt.

Für die Gasschmelzschweißung mittels Sauerstoff-Azetylen braucht man einen stärkeren Schweißbrenner als für Eisen und eine niedrigere Flammentemperatur. Auch diese Schweißungen stellen an die Geschicklichkeit des Schweißers ziemlich hohe Anforderungen, weil Kupfer bei Schweißtemperatur sehr schnell oxydiert. Außerdem stört die hohe Wärmeleitfähigkeit des Kupfers, die ein Schneiden mittels Sauerstoffgebläses völlig verhindert. Kupferplatten dienen geradezu als Schutz z. B. in Geldschränken, um einen Angriff des Schneidbrenners auf die dahinter liegenden Stahlplatten zu verhindern.

Die elektrische Schweißung mit Lichtbogen ist mit Kohlenelektroden durchführbar, doch erfordert sie meistens eine gute Vorwärmung und eine größere Stromstärke als Eisen. Ausgezeichnet gelingt die elektrische Widerstandschweißung nach dem Abschmelz-Schweißverfahren, wenn eine genügend starke Stromquelle zur Verfügung steht. Mit der Widerstandschweißung kann man z. B. Kupferseile über ihren ganzen Querschnitt stumpf an massive Endstücke aus Kupfer oder Messing anschweißen, ohne dem Seil seine ursprüngliche Biegsamkeit zu nehmen und vor allem auch, ohne die feinen Drähte durch Oxydation neben der Schweißstelle zu schädigen.

Die Schweißstellen haben zunächst Gußstruktur und infolgedessen nicht die Festigkeit und Schmeidigkeit des bearbeiteten Kupfers. Daher empfiehlt sich im allgemeinen, die Schweißstellen zu hämmern. Bei weitem am häufigsten wird vorläufig noch Kupfer nicht durch Schweißen, sondern durch Hartlöten mittels Schlaglotes aus Messing verbunden. Diese Schlaglote haben je nach ihrem Zinkgehalt Schmelzpunkte von 900° bis 830°, die also bedeutend unter dem Kupferschmelzpunkt von 1083° liegen. Als Flußmittel dient gewöhnlich Borax.

Eine ganz besondere Verwendung findet Kupfer in neuester Zeit als Lötmetall für Eisen und Stahl. Während gewöhnlich Kupfer und Eisen sich gar nicht verbinden lassen, gelingt dies ausgezeichnet in einer Wasserstoffatmosphäre. Man kann nach diesem Verfahren verwickelte Formen in Eisen und Stahl aus einfach gestalteten Teilstücken aufbauen und im Wasserstoffofen mit Hilfe von Kupfer zu einem Ganzen zusammenlöten, das an Festigkeit einer massiven Konstruktion nicht nachsteht[3]). Damit kann an Bearbeitungskosten unter Umständen wesentlich gespart werden.

[3]) Das Verfahren stammt von der General Electric Co. und ist in Deutschland der AEG geschützt, die an seiner Weiterentwicklung arbeitet und es schon erfolgreich im eigenen Betrieb anwendet.

Abb. 6
Einfluß der Glühtemperaturen auf Zugfestigkeit (K_z), Bruchdehnung (δ_4) und Einschnürung (ψ) bei vorher kaltgewalztem Kupfer (Reckgrad 50 vH) nach dem Wiedererkalten

Abb. 7
Elektrische Leitfähigkeit von kaltem Kupfer nach dem Glühen
a Sauerstoffgehalt 0,070 vH
b Sauerstoffgehalt 0,046 vH

Abb. 8
Einfluß von Verunreinigungen auf die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer

4. Härten. Ganz im Gegensatz zum Kohlenstoffstahl läßt sich Kupfer durch Glühen und Abschrecken nicht härten, sondern wird im Gegenteil weich. Das Abschrecken hierbei hat allerdings keinen nachgewiesenen Einfluß auf den erreichten Zustand. Härten läßt sich Kupfer nur durch Kaltbearbeitung. Durch Legieren mit andern Metallen, allerdings auch in gewissem Grade mit Kupferoxydul, erhält man wesentlich härtere Werkstoffe, doch kann man sie nicht mehr als Kupfer ansprechen.

5. Elektrolytische Niederschläge. Abgesehen von der elektrolytischen Raffination von Kupfer wird Kupfer elektrolytisch niedergeschlagen entweder als dünner Schutzüberzug in der Galvanostegie oder als im wesentlichen selbständiger Körper in der Galvanoplastik. Die galvanische Verkupferung wird in großem Umfange angewandt, doch dient in vielen Fällen das Kupfer hierbei nur als geeignete Zwischenlage für ein anderes Metall, z. B. Nickel. Gewöhnlich benutzt man zum Verkupfern ein Zyankalibad mit 3 bis 8 vH $K_2Cu(CN)_4$. Um einen starken Kupferüberzug zu erhalten, setzt man das Galvanisieren in einem Sulfatbade fort. Hohe Stromdichte begünstigt eine lebhafte Gasentwicklung.

Bei der Galvanoplastik wird Kupfer auf dem Abklatsch des nachzubildenden Gegenstandes aus weichem Metall oder Wachs galvanisch niedergeschlagen. Das Modell aus Metall oder Wachs wird nachher durch Schmelzen entfernt. Nach diesem Verfahren stellt man in großem Umfange Druckstöcke her, ferner aber auch Kupferrohre. Die Rohre werden auf einem sich drehenden Zylinder niedergeschlagen, wobei die Schicht gleichzeitig poliert und mechanisch verfestigt wird.

Einfluß der Glühbehandlung

Die durch Kaltbearbeitung bewirkte Verfestigung von Kupfer bleibt nach Erwärmung bis auf 200 ° und darüber bestehen und geht gewöhnlich erst nach Erwärmung auf 350 ° im wesentlichen verloren. Die verschiedenen Kupfersorten verhalten sich merklich abweichend voneinander bezüglich der Temperaturen, bei denen sie weich werden. Der Temperaturbereich der Erweichung liegt auch um so niedriger, je höher der Grad des vorangegangenen Kaltreckens war. Abb. 6 zeigt den Einfluß der Glühtemperatur auf Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Einschnürung des wieder erkalteten Kupfers, Abb. 7 den Einfluß auf die elektrische Leitfähigkeit.

Einfluß der Verunreinigungen

Bei weitem am empfindlichsten von allen Eigenschaften des Kupfers wird die elektrische Leitfähigkeit von Verunreinigungen betroffen. Den Einfluß der verschiedenen Elemente auf die Leitfähigkeit zeigt Abb. 8. Sehr bemerkenswert ist hierbei, daß Aluminium trotz seiner eigenen hohen Leitfähigkeit die Leitfähigkeit des Kupfers stark herabsetzt.

Nur der Sauerstoff vermag bis zu einem gewissen Grade die Leitfähigkeit reinen Kupfers sogar zu erhöhen. Dieses dürfte mit der größeren Dichte oxydulhaltigen Kupfers zusammenhängen. Im Kupferbuch (S. 52 bis 62) ist der Einfluß, den die einzelnen im Kupfer vorkommenden Elemente auf die mechanischen Eigenschaften ausüben, sehr ausführlich dargestellt.

Krankheitserscheinungen beim Kupfer

Obwohl Kupfer ziemlich unempfindlich gegen Schwankungen in der Herstellungsweise ist, kann es durch unsachgemäße Behandlung doch verdorben werden. Durch längeres Glühen bei 1050 ° wird Kupfer überhitzt und verhältnismäßig spröde, besonders wenn es Sauerstoff enthält. Beim Schmelzpunkt des Eutektikums (1063 °) verbrennt Kupfer; die Korngrenzen oxydieren, die Oberfläche wird narbig. Bei der Warmbearbeitung wird daher die Temperatur von 1000 ° zweckmäßig nicht überschritten. In einer Atmosphäre von reduzierenden Gasen wird Kupfer schon bei 800 ° brüchig, weil die Gase dann in das Kupfer eindringen und sich mit dem Kupferoxydul verbinden. Der entstehende Wasserdampf zersprengt das Kupfer durch feine Risse. Vollkommen sauerstofffreies Kupfer kann dagegen ohne Schaden in Wasserstoff geglüht werden; auch arsenhaltiges Kupfer widersteht der Einwirkung reduzierender Gase, womit seine Eignung für Feuerkisten zusammenhängt.

Die Anfressung des Kupfers an der freien Luft geht meistens gleichmäßig vor sich; es bildet sich eine Schicht von grünem basischen Karbonat, in Seeluft eine Schicht von Oxychlorid. Zuweilen indessen wird Kupfer auch örtlich unter Bildung von Furchen und Narben angegriffen. Diese sind wahrscheinlich auf elektrische Ströme zurückzuführen, die vom Kupferoxyd oder vom Grünspan zum metallischen Kupfer fließen. Hartes Kupfer wird bedeutend leichter durch Anfressung zerstört als weiches.

In den Kondensatoren der Dampfturbinen werden Rohre aus reinem Kupfer mindestens ebenso stark angegriffen, wie die Rohre aus der bekannten Kondensatorrohr-Legierung (70 vH Cu, 29 vH Zn, 1 vH Sn).

Verwendung des Kupfers

Rohkupfer dient als Grundstoff für die Kupferlegierungen mit Zinn, Aluminium und einigen anderen Metallen, die als Bronzen bezeichnet werden und 99 bis 78 vH Kupfer enthalten. Kupferlegierungen mit Zinn, Zink und auch Blei heißen Rotguß und enthalten etwa 93 bis 79 vH Kupfer. Wohl am meisten werden die binären Zn-Cu-Legierungen verwendet, die bei hohem Kupfergehalt (91 bis etwa 80 vH) Tombak, bei geringerem Kupfergehalt (gewöhnlich bis herab auf 57 vH) Messing genannt werden. Sondermessing und Schlaglot enthält auch noch weniger Kupfer. Von Bedeutung sind auch die Legierungen mit Nickel und Zink (Nickelin, Neusilber, Nickelmessing).

Als Nebenbestandteil wird Kupfer vielen andern Legierungen zugesetzt, so den Lagerweißmetallen, Aluminiumguß und fast allen Spritzgußlegierungen.

Kupfer als Reckmetall wird größtenteils in der Elektroindustrie in Form von Runddrähten, Vierkant- und Flachkantdrähten, Bändern und Flachstäben, ferner Kollektorsegmenten und Schleifringen verwendet. Im allgemeinen Maschinenbau werden Rohre, insbesondere Schmierrohre, aus Kupfer hergestellt. Als Dichtung für hohe Temperaturen, z. B. an Verbrennungsmaschinen, hat sich Kupfer in Verbindung mit Asbest bewährt. Bei den Lokomotiven werden Feuerkisten und Stehbolzen aus Kupfer angefertigt.

Seiner hohen Wärmeleitfähigkeit wegen ist Kupfer der geeignete Werkstoff für Lötkolben zum Weichlöten.

Infolge der großen Schmeidigkeit des Kupfers haben die Kupferschmiede schon früh Metallgefäße aller Art von einfachen und auch verwickelten Formen hergestellt. Durch die Fortschritte der Gießereitechnik, durch die neueren Schweißverfahren für Eisen und Stahl, ferner durch die Verbreitung des Aluminiums haben die Kupferschmieden an Bedeutung stark verloren. Im Kunstgewerbe wird Kupfer seiner Farbe wegen manchmal gewählt, doch begnügt man sich auch vielfach mit der Verkupferung von Messing, Eisen oder auch Zinkguß. Für einige bestimmte Verwendungszwecke, so für die großen Sudpfannen der Brauereien, hat sich Kupfer andern Werkstoffen gegenüber im wesentlichen behauptet. Als Dachbekleidung wird Kupferblech bei Monumentalbauten auch heute noch gern gewählt, weil es durch die entstehende grüne Patina das Stadtbild angenehm belebt.

Das Kupferbuch bringt in einem Anhang außer einem umfangreichen Quellennachweis die sehr dankenswerte Erläuterung einiger physikalischer Begriffe und ferner in fast vollständigem Abdruck die amerikanischen und britischen Normen für Kupfer, die in Form von Lieferbedingungen gefaßt sind. Über die Kupfernormen des Deutschen Normenausschusses ist in dieser Zeitschrift schon berichtet worden[4]); vom Verbande Deutscher Elektrotechniker liegen ebenfalls einige Normenblätter fertig vor:

DIN VDE 6430 Kupferdraht, isoliert, für Maschinen und Apparate, technische Lieferbedingungen
DIN VDE 6431 Kupferdraht rund, für Elektrotechnik, genau gezogen (Dynamodraht)
DIN VDE 8200 Drähte zu Starkstrom-Freileitungen
DIN VDE 8201 Drähte und Seile für Starkstrom-Freileitungen
DIN VDE 8300 Drähte für Fernmelde-Freileitungen, Blatt 1 und 2.

Entwürfe sind vorbereitet, zum Teil auch veröffentlicht für folgende Normen:

DIN VDE 500 Kupfer
DIN VDE 3140 Fahrdrähte, technische Liefervorschriften
DIN VDE 3141 Fahrdrähte, Abmessungen
DIN VDE 6440 Kupferdraht, isoliert, für Schwachstrom, technische Lieferbedingungen
DIN VDE 6441 Kupferdraht, isoliert, Widerstandsgrenzwerte
DIN VDE 6442 Kupferdraht, isoliert, Außendurchmesser.

[B 2574]

[4]) Z. Bd. 70 (1926 S. 532

Kritische Erscheinungen an Gleitlagern

Auszug aus Heft 287 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure.

Von Dr. techn. Hummel, Nieder-Uzwil, Schweiz

Nach der heute allgemein anerkannten hydrodynamischen Lagertheorie sind bei jedem Gleitlager kritische Zustände zu erwarten. Im Gegensatz zur ursprünglichen, für ungeschmierte Lager geltenden Vorstellung einer in der Drehrichtung an der Lagerschale hochkletternden Welle zeigt uns die hydrodynamische Lagertheorie eine in dem Schmiermittel schwimmende Welle, deren Belastung durch den Auftrieb des Schmiermittels aufgenommen wird. Dieser ist bei gegebenen Betriebsverhältnissen (Abmessungen von Welle und Schale, Winkelschnelle und Belastung der Welle, Zähigkeit des Schmiermittels) eine Funktion der relativen Lage der Welle zur Schale.

Die Gleichgewichtslage der Welle kann stabil oder labil sein. Im ersten Falle wird die Welle nach einer kleinen Störung in ihre Gleichgewichtslage zurückschwingen, im zweiten Fall tritt dies nicht ein; das Gleichgewicht bleibt gestört. Ist das Gleichgewicht stabil, so hat die Welle zwei Eigenschwingungszahlen, da sie wagerecht und senkrecht also nach zwei Richtungen schwingen kann. Wirken auf die Welle von außen periodische Kräfte, deren Frequenz mit einer ihrer Eigenschwingungszahlen übereinstimmt, so tritt Resonanz auf, die Ausschläge der Welle werden immer größer, bis die unvermeidliche Dämpfung eine Vergrößerung nicht mehr zuläßt. Wenn die sich tatsächlich einstellenden Ausschläge auch nicht unendlich groß werden, so können sie doch so groß sein, daß sie jeden geregelten Betrieb unmöglich machen. Man hat es dann mit einer kritischen Drehzahl zu tun. Um diese vorauszubestimmen und damit zu beherrschen, hat man von der Reynoldsschen Theorie[1]) des ebenen Gleitlagers auszugehen.

[1]) Phil. Trans. Roy. Soc. London 1886, Scient. Papers II S. 228.

In Abb. 1 ist AB eine ebene Lagerschale, die auf einer Ölschicht ruht und durch einen Druck P gegen den sich mit der Geschwindigkeit u_0 gleichförmig bewegenden Kamm gedrückt wird. Die Breite der Lagerschale, in der Bewegungsrichtung gemessen, sei a, ihre Länge normal zur Bewegungsrichtung unendlich. Zwischen Schale und Kamm befindet sich eine keilförmige Ölschicht, die infolge ihres Haftens an der Oberfläche des Kammes immer tiefer in den Spalt hineingerissen wird. Dabei muß der Druck im Öl wegen der abnehmenden Querschnitte zuerst zunehmen, gegen das Ende aber abnehmen, da vorausgesetzt sei, daß der Überdruck im Öl am Ein- wie am Austritt null ist.

Abb. 1
Bezeichnungen zur Reynoldsschen Theorie des ebenen Gleitlagers
AB ebene Lagerschale

Abb. 2
Bezeichnungen zur Theorie des Halslagers

Abb. 4
p_V' als Funktion von χ bei $p_H' = 0$

Für die mit Kreisen bezeichneten Punkte ist $p_V' = \frac{1,05}{1-\chi}$

" " " Kreuzen " " " $p_V' = \frac{2,3}{1,08-\chi} - 2,2$

Ein den Stromlinien nach herausgeschnittenes Element, Abb. 1, ergibt unter Vernachlässigung der Massenkräfte und der als klein anzusehenden Neigung die Gleichgewichtsbedingung

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} = \frac{\partial p}{\partial x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

daraus folgt, wenn die Zähigkeitszahl η (kg s/m²) von z nicht abhängt und die Geschwindigkeitskomponenten des Öles in den y- und z-Richtungen vernachlässigt werden, nach dem Ansatz von Newton für die Schubspannung τ in einer zähen Flüssigkeit:

$$\eta \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial p}{\partial x}, \quad \tau = \eta \frac{\partial u}{\partial z} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

als Differentialgleichung der Strömung. p ist hier eine Funktion von x allein, Gl. (2) kann nach z integriert werden und gibt bei unveränderlichem η

$$\eta u = \frac{d p}{d x} \frac{z^2}{2} + c_1 z + c_2 \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

wobei c_1 und c_2 als Funktion von x durch die Randbedingungen

$$u = -u_0 \text{ für } z = 0 \text{ und } u = 0 \text{ für } z = h$$

bestimmt sind: es wird dann

$$u = \frac{1}{2\eta} \frac{d p}{d x} (z^2 - z h) - u_0 \frac{h - z}{h}.$$

Das Durchflußvolumen für die Längeneinheit ist

$$q = \int_0^h u \, d z = -\frac{1}{2} \left[\frac{h^3}{6 \eta} \frac{d p}{d x} + u_0 h \right] \quad . \quad . \quad . \quad (4),$$

unabhängig von x. Ist h^* der Sonderwert von h an der Stelle, wo $\frac{d p}{d x} = 0$ wird, so geht Gl. (4) über in

$$q = -\frac{u_0 h^*}{2} \quad . \quad . \quad . \quad (4a).$$

Aus Gl. (4) und Gl. (4a) erhält man

$$\frac{d p}{d x} = 6 \eta u_0 \frac{h^* - h}{h^3} \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Diese Gleichung dient zur Darstellung von p als Funktion von x, sobald h und h^* bekannt sind.

Den praktisch wichtigsten Fall des halbumschlossenen Halslagers erhält man, wenn man sich den Kamm in Abb. 1 zu einem Kreis zusammengerollt denkt; er bildet dann die Welle. Die ruhende ebene Lagerschale AB geht über in ein halbumschließendes Halslager, und Abb. 1 verwandelt sich in Abb. 2. Da h gegenüber R und r immer sehr klein ist, wird man Gl. (5) ohne wesentlichen Fehler auch auf diesen Fall anwenden dürfen.

Nach Abb. 2 ist

$$\left.\begin{aligned} h &= (R - r)\left(1 + \frac{e}{R - r} \cos \varphi\right) \\ &= \delta (1 + \chi \cos \varphi) \\ h^* &= \delta (1 + \chi \cos \varphi^*) \end{aligned}\right\} \quad (6),$$

worin $\delta = R - r$ das radiale Spiel und $\chi = e/\delta$ das Exzentrizitätsverhältnis. Denkt man sich noch die obere Lagerschale so ausgespart, daß kein Überdruck auftritt, so erhält man aus Gl. (5) und (6)

$$p = \frac{6 \eta \omega r^2}{\delta^2} \left\{ (1 + \chi \cos \varphi^*) \times \int_\pi^{\varphi_1} \frac{d \varphi}{(1 + \chi \cos \varphi)^3} - \int_\pi^{\varphi_1} \frac{d \varphi}{(1 + \chi \cos \varphi)^2} \right\} \quad (7).$$

Dabei ist vorausgesetzt, daß das Öl ohne Überdruck zu- und abgeführt wird, demnach fällt das Integrationsintervall $\pi + \varphi_1$ bis π weg, da in diesem p nicht unter den Siededruck des Öles fallen kann, also praktisch gleich null ist[1a]). Um unbenannte Größen zu erhalten, bringe man Gl. (7) in die Form

$$\frac{p \delta^2}{\eta \omega r^2} = 6 \left\{ (1 + \chi \cos \varphi^*) \times \int_\pi^{\varphi_1} \frac{d \varphi}{(1 + \chi \cos \varphi)^3} - \int_\pi^{\varphi_1} \frac{d \varphi}{(1 + \chi \cos \varphi)^2} \right\} (8).$$

Die Integration ergibt aber einen für die weitere Rechnung unbequemen

Abb. 3
Zeichnerisch ermittelte Werte von p_H' und p_V' als Isobaren des Halslagers

[1a]) Gümbel, Jahrb. d. Schiffbautechn. Ges. 1917 S. 273.

Abb. 5
Einfluß des endlich langen Lagers

Ausdruck. Rascher und leichter kommt man auf zeichnerischem Wege zum Ziel[2]). Die Randbedingung $p = 0$ für $\varphi = \pi$ wird durch die bestimmte Integration befriedigt, die zweite Bedingung $p = 0$ für $\varphi = \varphi_1$ liefert das Mittel zur Bestimmung von $\cos \varphi^*$.

Ist aus Gl. (8) der Druckverlauf bekannt, so gibt eine zweckmäßig wieder zeichnerisch durchgeführte Quadratur den resultierenden Öldruck P, den man in seine wagerechte und seine senkrechte Komponente P_H und P_V zerlegt.

Man greift jetzt ein endliches Stück L aus dem unendlich langen Lager heraus und erhält

$$\left.\begin{aligned} P_H &= \int_{\varphi_1}^{\pi} p \cos(\varphi - \varphi_1)\, L\, r\, \mathrm{d}\varphi \\ P_V &= \int_{\varphi_1}^{\pi} p \sin(\varphi - \varphi_1)\, L\, r\, \mathrm{d}\varphi = \overline{p}\, L\, D \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (9)$$

mit $D = 2r$. Um unbenannte Größen zu erhalten, schreibe man

$$\left.\begin{aligned} p_H{}' &= \int_{\varphi_1}^{\pi} \frac{p\,\delta^2}{2\,\eta\,\omega\, r^2} \cos(\varphi - \varphi_1)\, L\, r\, \mathrm{d}\varphi = \frac{\delta^2}{\eta\,\omega\, r^2}\,\frac{P_H}{L\,D} \\ p_V{}' &= \int_{\varphi_1}^{\pi} \frac{p\,\delta^2}{2\,\eta\,\omega\, r^2} \sin(\varphi - \varphi_1)\, L\, r\, \mathrm{d}\varphi \\ &= \frac{\delta^2}{\eta\,\omega\, r^2}\,\frac{P_V}{L\,D} = \frac{\delta^2}{\eta\,\omega\, r^2}\,\overline{p} \end{aligned}\right\} \quad (10).$$

Diese Werte wurden zeichnerisch für eine große Anzahl von Wellenlagern ermittelt und sind in Abb. 3 als „Isobaren" dargestellt. Der äußere Kreis mit dem Halbmesser $\delta = R - r$ ist der Kreis, in dem sich der Wellenmittelpunkt bewegen kann. Zu jedem Punkt innerhalb dieses Kreises gehört eine bestimmte Lage der Welle in ihrem Lager und zu dieser Lage je ein bestimmter Wert $p_H{}'$ und $p_V{}'$.

Für eine senkrecht belastete Welle muß $p_H{}' = 0$ sein. Die Kurve $p_H{}' = 0$ ist somit der Ort ihrer Gleichgewichtslagen. Dieser Ort ist mit sehr guter Annäherung der in Abb. 3 stark ausgezogene Halbkreis, der Gleichgewichthalbkreis. Die ihm entsprechenden Werte $p_V{}'$ sind in Abb. 4 als Funktion von χ, dem Exzentrizitätsverhältnis, dargestellt.

Streng genommen gilt diese Rechnung für die gebräuchlichen Gleitlager nicht, da für diese die gemachten Annahmen, wie eindimensionale Strömung, unveränderliche Zähigkeit, ruhender Wellenmittelpunkt usw. nicht zutreffen. Glücklicherweise lassen sich diese störenden Einflüsse leicht mit genügender Genauigkeit berücksichtigen, falls statt mit dem wirklichen $\overline{p}$ mit $\overline{p}^* = \frac{\overline{p}}{\gamma\,\gamma'}$ gerechnet wird. γ und γ' sind aus Abb. 5 zu entnehmen[3]).

[2]) Stodola, Dampfturbinen, 5. Aufl. S. 401.
[3]) Näheres s. Forschungsheft 287.

Abb. 6
Kraftfeld in unmittelbarer Nähe des Wellenmittelpunktes

Aus dem nun bekannten Kraftfeld erhält man die Bewegungsgleichungen auf folgende Weise: Die unmittelbare Nähe der Gleichgewichtslage A ist in Abb. 6 dargestellt. Mit Rücksicht auf die schwache Krümmung der Kraftlinien dürfen ihre kurzen in Frage kommenden Stücke unbedenklich durch Gerade ersetzt werden. Dann sind bei einer unendlich kleinen Verschiebung x, y aus der Gleichgewichtslage die auf die Welle wirkenden Kräfte

$$X = \frac{-\Delta X}{c\,\delta}[x \sin\varphi - y\cos\varphi]; \quad Y = \frac{-\Delta Y}{\mathrm{d}\,\delta}[x\cos\beta + y \sin\beta]$$

Betrachtet man die Welle als starr und so belastet, daß der Lagerdruck dem Gewicht der Massen gleich ist, so erhält man mit den Bezeichnungen

$$M\ddot{x} = X, \quad M\ddot{y} = Y, \quad M = \frac{P}{g} = \frac{\overline{p}\, L\, D}{g},$$

$$\Delta X = \Delta Y = \Delta p_V{}'\,\eta\,\omega\left(\frac{r}{\delta}\right)^2 L\,D = \frac{\Delta p_V{}'}{p_V{}'}\,\overline{p}\,L\,D$$

$$\left.\begin{aligned} \ddot{x} &= -\frac{\Delta p_V{}'}{c\,p_V{}'}\,\frac{g}{\gamma}[x \sin\alpha - y\cos\alpha] \\ \ddot{y} &= -\frac{\Delta p_V{}'}{\mathrm{d}\,p_V{}'}\,\frac{g}{\delta}[x\cos\beta + y\sin\beta] \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

als Bewegungsgleichungen der Welle. Ihre Lösung ist

$$x = A\,e^{i\cdot t} \quad \text{und} \quad y = B\,e^{i\lambda t},$$

A und B sind willkürliche Festwerte, λ erhält man aus der Gleichung

$$\left(\frac{\Delta p_V{}'}{c\,p_V{}'}\,\frac{g}{\delta}\sin\alpha - \lambda^2\right)\left(-\frac{\Delta p_V{}'}{\mathrm{d}\,p_V{}'}\,\frac{g}{\delta}\sin\beta - \lambda^2\right) + \frac{\Delta p_V{}'}{\mathrm{d}\,p_V{}'}\,\frac{g}{\delta}\cos\beta\,\frac{\Delta p_V{}'}{c\,p_V{}'}\,\frac{g}{\delta}\cos\alpha = 0.$$

Für reelle Werte von λ ist das Gleichgewicht der Welle stabil, für komplexe labil.

Die Fliehkräfte nicht vollkommen ausgewuchteter Wellen haben die Frequenz ω; ist nun $\omega = \lambda$, so ist dieses ω eine kritische Winkelgeschwindigkeit. Die kritischen Winkelgeschwindigkeiten ω_k sind in Abb. 7 als Abhängige des

Abb. 7
Die kritischen Drehzahlen als Funktion von Γ

Abb. 8. Versuchsanlage

Abb. 9

Abb. 10

Abb. 11

Abb. 12

Abb. 9 bis **12.** Lichtbilder der Wellenbahn

Parameters $\Gamma = \left[\frac{\overline{p}}{\eta}\left(\frac{\delta}{r}\right)^2\right]^2 \frac{\delta}{g}$ dargestellt. Ist $\Gamma > 30$ entsprechend $\overline{p}_V{}' > 3{,}5$, so ist die Gleichgewichtslage der Welle stabil, und es treten zwei kritische Drehzahlen auf; mit $\Gamma < 30$ wird ihre Lage labil.

Um die vorstehenden Überlegungen durch Versuche nachzuprüfen, wurde eine kräftige, durch eine zylindrische Scheibe belastete Welle von einem regelbaren Elektromotor mittels zweier Kardangelenke angetrieben, Abb. 8. Die Lager sind als reine Traglager ausgebildet, die untere Schale aus Phosphorbronze ist glatt mit scharfen Eintrittkanten, die obere mit einem Spiel von einigen Millimetern ausgeführt und verwirklicht so den Fall des halbumschließenden Lagers. Tropföler, die 1 bis 2 Tropfen Maschinenöl in 1 s auf die Welle fallen lassen, schmieren die Lager.

Abb. 13
Ausschläge, aufgetragen über der Drehzahl

Das freie Wellenende trägt einen genau zentrischen, gehärteten Einsatz, in dem eine ebenfalls gehärtete Kugel läuft, die durch eine Achse mit einer zweiten Kugel verbunden ist. Diese zweite Kugel ist in einer Pfanne gelagert, ihr freies Ende trägt einen kleinen versenkten Spiegel, ein Stift sichert sie gegen Drehen. Die beiden Kugeln und die Achse wiegen zusammen 0,75 g; eine Feder drückt sie gegen die Welle an. Verschiebt sich die Wellenachse, so ändert sich die Neigung des Spiegels. Der Winkelunterschied wird auf optischem Wege gemessen und ergibt auf einer Mattscheibe ein vergrößertes Bild der Wellenbahn. In Abb. 9 bis 12 sind einige Lichtbilder der Wellenbahn wiedergegeben, Abb. 13 zeigt die Ausschläge der Welle als Abhängige der Drehzahl. Die kritischen Geschwindigkeiten sind deutlich ausgebildet. Auch der Übergang aus dem stabilen in das labile Gebiet ist beobachtet worden.

Diese kritischen Erscheinungen können in wirksamer Weise bekämpft werden, indem man die Ausbildung der Ausschläge durch entsprechend geformte Lagerschalen hemmt. Da die Reibungszahl dabei jedoch zunimmt, wird es betriebstechnisch richtiger sein, das Lager von vornherein so zu entwerfen, daß das Gebiet der kritischen Erscheinungen vermieden wird. [M 2059]

Das *It*-Diagramm der Verbrennung und der Wirkungsgrad von Öfen[1)]

Von P. Rosin, Dresden

Begriff des thermischen Wirkungsgrades für Öfen — Zusammenhang zwischen Heizwert und Feuergasvolumen aller Brennstoffe und die Heizwert-Volumen-Diagramme — Das *It*-Diagramm für Feuergase und seine Anwendung auf praktische Beispiele der Feuerungstechnik

Die Thermodynamik, die sich in allen Zweigen der Wissenschaft und Technik, auf die sie sachgemäß angewandt wurde, als sehr wichtiges Werkzeug erwies, hat in ihr ureigenes Gebiet der angewandten Verbrennung bislang nur spärlich Eingang gefunden. Das ist umso merkwürdiger, als Öfen im Grunde genommen auch nur Wärmemaschinen sind, die auf den gleichen thermischen Vorgängen beruhen wie Verbrennungsmotoren und letzten Endes auch Dampfmaschinen, nämlich auf der Ausnutzbarkeit einer durch Verbrennung freigemachten Wärmemenge innerhalb eines Wärmegefälles, das durch die Eigenart des Arbeitsprozesses festgelegt ist. Dieser Vorgang muß so geleitet werden, daß bei Maschinen ein Höchstmaß an mechanischer Arbeit, bei Öfen an Wärmeübertragung bei der Zustandsänderung gewonnen wird. Man kann daher von der Anwendung thermodynamischer Verfahren auf die Feuerungstechnik ähnliche Fortschritte erhoffen, wie sie bei anderen Zweigen der Technik schon erzielt wurden. Vor allem verspricht der Begriff des thermischen Wirkungsgrades für die Beurteilung von Ofenprozessen und als Hilfsmittel bei der praktischen Verwertung fruchtbar zu werden.

Unter dem Wirkungsgrad eines Ofens versteht man gewöhnlich das Verhältnis der eigentlichen Prozeßwärme zur gesamten zugeführten Brennstoffwärme. Diese umfaßt den gesamten chemischen und physikalischen Wärmeverbrauch, enthält also die Summe aller chemischen Wärmetönungen sowie der zu den physikalischen Zustandsänderungen des Schmelzens, Verdampfens usw. erforderlichen Wärme. Das Verhältnis kann man als den wirtschaftlichen Wirkungsgrad oder den Gesamtwirkungsgrad bezeichnen. Man berechnet ihn aus den thermochemischen und thermophysikalischen Daten des Ofenprozesses sowie aus dem Heizwert des verwendeten Brennstoffs, wenn die Menge der Beschickung und des Brennstoffs bekannt ist.

Dieser Gesamtwirkungsgrad ist aber weder ein Maßstab für die Beurteilung des Ofens, noch für die Betriebsführung; er ist weiter nichts als eine rein statistische Angabe, mit der man gewöhnlich nichts anfangen kann, und die leicht zu ganz falschen Auffassungen führt. Die Feststellung, daß ein Ofen 10 vH Gesamtwirkungsgrad hat, daß also von der zugeführten Wärme nur 10 vH für den eigentlichen Arbeitsprozeß ausgenutzt werden, verleitet leicht zu der Annahme, daß die Ausnutzung schlecht sei. Trotzdem kann sie, gemessen an den thermischen Möglichkeiten, verhältnismäßig besser sein als ein Gesamtwirkungsgrad von 50 vH bei einem anderen Prozeß. Immer noch wird nämlich der Fehler begangen, daß Kalorie gleich Kalorie gesetzt und dabei außer acht gelassen wird, daß für den Wert der Wärmeeinheit in erster Linie die Temperatur bestimmend ist. Wenn ein Ofen z. B. 1400 ° Arbeitstemperatur hat, so ist die gesamte Wärme von niedrigerer Temperatur für diesen Prozeß wertlos. Daher ist auch die heute noch übliche Angabe der Wärmetönungen chemischer und physikalischer Vorgänge ganz unzulänglich, solange nicht die zur Durchführung des Prozesses nötige Temperatur hinzugefügt wird.

Für jeden Ofenprozeß ist nur die Wärmemenge ausnutzbar, die über der Arbeitstemperatur, also zwischen der Verbrennungs- und Arbeitstemperatur liegen. Aus dieser Spanne, dem sogenannten nutzbaren Temperaturgefälle[2)], muß der Wärmeaufwand für den Prozeß gedeckt werden können. Alle unter der Arbeitstemperatur liegende Wärme ist für den Ofenvorgang unmittelbar wertlos und kann höchstens durch Luft- und Brennstoffvorwärmung für ihn selbst oder durch Abhitzeverwertung für den Gesamtwirkungsgrad der Feuerung nutzbar gemacht werden.

Um also mit Hilfe des Wirkungsgrades überhaupt ein Urteil über einen Ofen fällen zu können, muß man zunächst einmal feststellen, welcher Betrag der Brennstoffwärme, gemessen an der unteren Grenze der Arbeitstemperatur[3)], verwertbar ist. Das Verhältnis dieser Menge zu der gesamten Brennstoffwärme sei in Anlehnung an die Kraftmaschinenprozesse als thermischer Wirkungsgrad bezeichnet.

Eigentlich ist es merkwürdig, daß dieser Begriff, der eine ungemeine Fruchtbarkeit in sich birgt, nicht schon längst von der angewandten Feuerungstechnik übernommen worden ist. In der technischen Thermodynamik ist er das unentbehrlichste Werkzeug bei allen Berechnungen und ihrer praktischen Auswertung. Hier handelt es sich um die gleiche Aufgabe, um die Feststellung, welcher Anteil der im Wärmeträger (Dampf, Verbrennungsgas) überhaupt enthaltenen Wärme für die Krafterzeugung in der Maschine ausgenutzt werden kann. Dies ermittelt man in einfachster Weise aus dem bekannten Wärmeinhalt-Entropie-Diagramm (*IS*-Diagramm). Auch hier wird dann die durch den Anfangs- und Endzustand des Wärmeträgers bestimmte, ausnutzbare Wärmemenge in Beziehung gesetzt zum Gesamtwärmeinhalt und liefert so den thermischen Wirkungsgrad des Arbeitsprozesses, der die theoretische Höchstleistung einer Maschine darstellt. Diese Zahl wird dann mit dem sogenannten Gütegrad multipliziert, der die Verluste durch Wärmeleitung, Lässigkeit usw. umfaßt. Das Produkt aus dem thermischen Wirkungsgrad und dem Gütegrad ergibt dann erst den wirtschaftlichen Gesamtwirkungsgrad.

Genau so muß man bei Öfen vorgehen, die ja auch nichts anderes als Wärmemaschinen sind[4)]. Zuerst muß man feststellen, welcher Teil der zugeführten Wärme überhaupt nach Maßgabe der Verbrennungs- und Arbeitstemperatur theoretisch ausnutzbar ist. Erst wenn man diese Zahl kennt, kann man einen Ofen beurteilen. Da die Verbrennung und die Wärmeübertragung in Öfen bei konstantem Druck stattfindet, so ist der Wärmeinhalt der Verbrennungsgase (im Gegensatz zum Dampf) nur durch ihre jeweilige Temperatur bestimmt und kann daher in einem Wärmeinhalt-Temperatur-Diagramm (*It*-Diagramm) dargestellt werden, wobei man zweckmäßig als Ordinaten den Wärmeinhalt in kcal/nm^3[5)], als Abszissen die Temperaturen in ° C aufträgt. Dieses Diagramm muß so beschaffen sein, daß man für beliebige Brennstoffe und Arbeitstemperaturen ohne weiteres die Anfangstemperatur, den thermischen Wirkungsgrad und die für Abhitzeverwertung zur Verfügung stehende Wärmemenge ablesen kann.

Schüle[6)] hat bereits 1916 ein solches *It*-Diagramm für Feuergase veröffentlicht, das in erster Linie für Verbrennungsmaschinen bestimmt war; trotzdem muß man sich wundern, daß die darin ruhenden Möglichkeiten noch nicht von der Ofentechnik erkannt und ausgenutzt wurden. Allerdings stand seiner Anwendung insofern eine Unbequemlichkeit entgegen, als die Ordinate den Wärmeinhalt für 1 nm^3 Rauchgas darstellt und diese Zahl für jeden Brennstoff nur durch die bekannte, umständliche Verbrennungsberechnung ermittelt werden kann, wobei außerdem noch die Elementaranalyse des Brennstoffes bekannt sein muß. Wenn also das *It*-Diagramm in die Ofenpraxis allgemein eingeführt werden soll, so muß man zuerst einen

[1)] Erweiterte Fassung eines am 25. Nov. 1926 auf der wärmetechnischen Tagung der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute gehaltenen Vortrages. Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 303.

[2)] Vergl. H. Bansen, „Errechnung der Arbeitstemperaturen metallurgischer Oefen", „Stahl und Eisen", Bd. 42 (1922) S. 245; „Leistung und Wirkungsgrad als Unterlagen zu Bau und Berechnung der Siemens-Martin-Oefen", „Stahl und Eisen", Bd. 45 (1925) S. 762.

[3)] Bansen bezeichnet diese Temperatur als Temperaturnullpunkt des Arbeitsvorganges, vergl. „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1559.

[4)] Vergl. C. Schwarz, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 795.

[5)] 1 nm^3 (Normalkubikmeter) = 1 m^3 bei 0° C und 760 mm Q.-S.

[6)] Die thermischen Eigenschaften der einfachen Gase und der technischen Feuergase von 0° C bis 3000° C, Z. Bd. 60 (1916) S. 630.

Abb. 2

Abb. 1 Abb. 3

Abb. 1 bis 3. Verbrennung von festen Brennstoffen, Ölen und Gasen ohne Luftüberschuß

V_0 Rauchgasvolumen bei theoretischem Luftbedarf L_0

Weg finden, um in einfachster Weise unter Vermeidung jeder Analyse und Verbrennungsrechnung den Wärmeinhalt des Rauchgases für irgendeinen Brennstoff zu bestimmen.

Für die Arbeitsleistung im Ofen kommt nur die fühlbare Rauchgaswärme in Betracht. Daher ist mit dem unteren Heizwert H_u zu rechnen. Wenn V das gesamte Rauchgasvolumen in nm³ für 1 kg oder 1 m³ Brennstoff bedeutet, so ist H_u/V der gesuchte Wärmeinhalt für 1 nm³ Rauchgas. Das It-Diagramm wird nur dann sich allgemein in die Praxis einführen, wenn man für die Bestimmung dieser Größe ein einfaches, allgemeingültiges Verfahren findet.

Bei einer Unzahl von Verbrennungsrechnungen, die ich im Lauf der letzten Jahre ausführen mußte, kam ich, in dem Bestreben, die hierzu erforderliche Rechenarbeit zu vereinfachen, auf den Gedanken, daß zwischen H_u und V ein gesetzmäßiger Zusammenhang bestehen müsse. Hiermit wäre auch sofort die Größe H_u/V bestimmt. Daher wurde systematisch für alle überhaupt möglichen Brennstoffe untersucht, ob sich das Abgasvolumen in Abhängigkeit vom Heizwert darstellen läßt. Für annähernd 100 Brennstoffe wurde auf Grund der Elementaranalyse mittels der Verbrennungsrechnung das Rauchgasvolumen bestimmt[7]). Es ergab sich zunächst die überraschende Tatsache, daß für alle Arten fester Brennstoffe bei theoretischer Luftmenge eine lineare Abhängigkeit zwischen Rauchgasvolumen und Heizwert besteht, Abb. 1. Dieses Ergebnis ist sehr bemerkenswert und bringt wesentliche praktische Erleichterungen. Denn man braucht jetzt nicht mehr zum Entwurf von Öfen, Kanälen, Essen usw. auf Grund von Elementaranalysen mühsam die Rauchgasmengen zu berechnen, kann sie vielmehr ohne weiteres aus dem $H_u\,V$-Diagramm entnehmen, wenn nur der Heizwert des Brennstoffes bekannt ist. Auch der Luftbedarf, zu dessen Ermittelung bisher immer zeitraubende Rechnungen angestellt werden mußten, ist linear vom Heizwert abhängig. Es sei betont, daß diese und die folgenden Beziehungen ein Ergebnis statistischer Feststellungen sind und daher noch keinerlei Anspruch darauf machen, die theoretische Verbrennungsrechnung zu ersetzen. Für die Praxis aber ist die Genauigkeit so groß, wie sie durch die Abweichungen der Heizwertbestimmung und der Elementaranalyse auch bei verschiedenen Proben des gleichen Brennstoffs bedingt wird. Man muß hierbei noch bedenken, daß auch bei gleichmäßigem Bezug von festen Brennstoffen unvermeidliche Schwankungen in Heizwert und Zusammensetzung auftreten, und daß sich ferner die Verbrennung und Vergasung selbst doch niemals unter vollständig konstanten Bedingungen führen lassen.

Ebenso ergeben die Öle verschiedenster chemischer Zusammensetzung eine streng lineare Abhängigkeit des Luftbedarfes und Rauchgasvolumens vom Heizwert, Abb. 2.

Bei den Gasen besteht diese Abhängigkeit gleichfalls, Abb. 3. Man erkennt aber einen deutlichen Unterschied in der Steigung zwischen Arm- und Reichgasen.

Rechnerisch wird die Abhängigkeit des Rauchgasvolumens vom Heizwert durch die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Gleichungen ausgedrückt:

Zahlentafel 1

Abhängigkeit der Rauchgasmenge vom Heizwert

	Rauchgasvolumen bei theoretischem Luftbedarf V_0 nm³/kg	theoretischer Luftbedarf L_0 nm³/kg
Feste Brennstoffe . .	$\frac{0,915}{1000} H_u + 1,5$	$\frac{1,01}{1000} H_u + 0,5$
Öle	$\frac{1,11}{1000} H_u$	$\frac{0,88}{1000} H_u + 1,65$
	nm³/nm³	nm³/nm³
Armgase	$\frac{0,725}{1000} H_u + 1,0$	$\frac{0,875}{1000} H_u$
Reichgase	$\frac{1,14}{1000} H_u + 0,25$	$\frac{1,09}{1000} H_u - 0,25$

Diese Beziehungen gelten für Verbrennung mit theoretischer Luftmenge. Die Abbildungen lassen sich aber ohne Schwierigkeit so erweitern, daß sie für beliebige Luftüberschußzahlen gültig sind, s. Abb. 4 bis 6. Aus ihnen kann man für jeden festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoff sofort die Rauchgas- und Luftmenge bei irgendeinem Luftüberschuß entnehmen, wenn man den Heizwert kennt.

[7]) Diese und die folgenden mühsamen Rechnungen führte mein Assistent, Dipl.-Ing. Fehling, aus. Ich bin ihm für die Unterstützung sehr dankbar.

Abb. 4 bis 6
Verbrennung von Kohlen, Öl und Gas mit Luftüberschuß

V_0 Rauchgasvolumen bei theoretischem Luftbedarf L_0 n Luftüberschuß

Auf Grund der linearen Beziehung zwischen H_u und V kann nunmehr der gesuchte Wärmeinhalt für 1 nm³ Rauchgas in Abhängigkeit vom Heizwert dargestellt werden, Abb. 7 bis 9. Für feste Brennstoffe ergibt sich, z. B. Abb. 7, daß bei dem für Rostfeuerungen üblichen Luftüberschuß die Rauchgase von deutscher Rohbraunkohle etwa 400, von Briketts etwa 500 und von Steinkohle etwa 600 kcal/nm³ enthalten. Der Wärmeinhalt, von dem ja einzig und allein die Temperatur abhängt, steigt bei geringen Luftüberschüssen viel stärker als bei hohen. So erreichten Rauchgase von Steinkohle mit 7000 kcal/kg bei dem geringen Luftüberschuß der Staubfeuerung ($n = 1{,}2$) 720 kcal/nm³.

Ferner erkennt man, daß der Einfluß des Heizwertes gegenüber dem des Luftüberschusses bei minderwertigen Brennstoffen vorherrscht, mit steigendem Heizwert aber immer mehr zurücktritt. Es sei hier erwähnt, daß sich der Wärmeinhalt der Rauchgase aus Rohbraunkohle beim Übergang zur Staubfeuerung etwa verdoppelt.

Besonders einfach ist die Abhängigkeit des Rauchgasvolumens vom Heizwert für flüssige Brennstoffe, Abb. 8. Heizöl von 10 000 kcal/kg ergibt bei $n = 1{,}2$ ein Rauchgas von 760 kcal/nm³ Wärmeinhalt. Diese Zahl ist fast konstant und unabhängig vom Heizwert. Daher ergibt auch ein Öl mit 11 500 kcal/kg Heizwert keine höhere Verbrennungstemperatur und keine höheren Wirkungsgrade als ein Öl mit 9500 kcal/kg, gleiche Brennzeiten vorausgesetzt.

Bei den Gasen, Abb. 9, tritt wieder der Unterschied zwischen Arm- und Reichgasen zutage. Während ein Generatorgas von 1200 kcal/nm³ bei $n = 1{,}1$ ein Rauchgas von 605 kcal/nm³ liefert, also der Verbrennung von Steinkohle auf dem Rost entspricht, ergibt Koksgas oder Leuchtgas von 5000 kcal/nm³ ein Rauchgas von 775 kcal/nm³. Für Reichgase ist ebenfalls die Verbrennungstemperatur angenähert konstant und unabhängig vom Heizwert.

Bemerkenswert ist, daß ein Wassergas, das dem Heizwert nach die Mitte zwischen Arm- und Reichgasen einnimmt, mit 800 kcal/nm³ den höchsten Wärmeinhalt aufweist, was sich durch den hohen Wasserstoffgehalt erklärt.

Je höher also der Wärmeinhalt eines Rauchgases ist, desto höher ist die Verbrennungstemperatur und bei gleicher Arbeitstemperatur der thermische Wirkungsgrad. Der Luftgehalt der Rauchgase in Abhängigkeit vom Heizwert bei verschiedenen Luftüberschüssen, der für die Benutzung des It-Diagramms bekannt sein muß, ist in Abb. 10 bis 12 wiedergegeben.

Das grundlegende Wärmeinhalt-Temperatur-Diagramm (It-Diagramm), Abb. 13, wurde nunmehr in Anlehnung an die Arbeiten von Schüle entworfen. Dadurch, daß die

Abb. 7 bis 9
Wärmeinhalt der Rauchgase aus festen Brennstoffen, Ölen sowie Gasen in Abhängigkeit von Heizwert und Luftüberschuß

Abb. 10 bis 12. Luftgehalt v der Rauchgase aus festen Brennstoffen, Ölen sowie Gasen in Abhängigkeit vom Heizwert der Brennstoffe

Bestimmung der Größe H_u/V auf eine einfache Diagrammablesung zurückgeführt wurde, wird dieses Diagramm für die Ofentechnik die gleiche Bedeutung gewinnen wie das *IS*-Diagramm in der Dampfkesseltechnik. Denn sein Anwendungsbereich ist außerordentlich groß und die Vielseitigkeit erstaunlich.

Die große Einfachheit des *It*-Diagramms beruht darauf, daß in den Grenzen technischer Genauigkeit die spezifische Wärme von Rauchgasen ohne Luftüberschuß nicht von der Gaszusammensetzung, sondern nur von der Temperatur abhängt. Es gibt also nur eine Linie für sämtliche Rauchgase ohne Luftüberschuß, s. Abb. 13. An ihre Stelle tritt bei Luftüberschuß die dem jeweiligen Luftgehalt V_l entsprechende Linie.

Zu berücksichtigen ist noch die Dissoziation von CO_2 und H_2O, die bei Temperaturen über 1500 ° erheblichen Umfang annimmt. Sie hängt in erster Linie vom Teildruck und der Temperatur ab und ist nach Wesen und Verlauf nur durch die Gesetze der chemischen Kinetik vollständig zu erklären. Das würde eine untragbare Erschwerung für die Praxis bedeuten, wenn sich nicht der eine der beiden Einflüsse, die Abhängigkeit der Dissoziation vom Teildruck der Kohlensäure oder des Wasserdampfes und damit von der Rauchgasanalyse rechnerisch ausschalten ließe. Man kann nämlich mit einem Fehler von höchstens 1 vH mittlere Teildrücke einsetzen, wodurch der Einfluß der Teildrücke konstant wird. Die durch Dissoziation latent werdende Wärme ist dann eine reine Temperaturfunktion.

Ihre Berücksichtigung im Diagramm erfolgte auf Grund der von Menzel[1]) zahlenmäßig ausgewerteten Untersuchungen von Nernst und seinen Schülern.

Die wenigen Linien in Abb. 13 geben Klarheit über den Zusammenhang zwischen Heizwert und Verbrennungstemperatur, thermischem Wirkungsgrad und Abhitzeverwertung. Deutsche Rohbraunkohle ergibt z. B. mit 400 kcal/nm³ etwa 1140 ° Verbrennungstemperatur, Briketts mit 500 kcal/nm³ etwa 1400 °, Steinkohle mit 600 kcal/nm³ etwa 1600 °, Steinkohle in Staubform etwa 1830 ° und Öl beliebiger Zusammensetzung 1890 °. Kaltes Generatorgas hat mit 1600 ° ungefähr die gleiche Temperatur wie Steinkohle auf dem Rost, während Reichgase praktisch bei 1900 ° verbrennen.

Das *It*-Diagramm läßt zunächst sofort erkennen, ob ein Ofenprozeß mit einem Brennstoff überhaupt durchführbar ist; denn die Arbeitstemperatur ist immer bekannt. Liegt die technische Verbrennungstemperatur nicht genügend darüber, so fehlt das nutzbare Temperaturgefälle. Auch der thermische Wirkungsgrad ergibt sich sofort; denn die ausnutzbare Wärmemenge wird durch Verbrennungs- und Arbeitstemperatur begrenzt. Betragen diese z. B. 1600 ° und 1450 °, so sind von 600 kcal/nm³ 65 ausnutzbar, und der theoretische thermische Wirkungsgrad ist etwa 10 vH. Diese Zahl wäre noch mit dem Gütegrad, der die Leitungs-, Strahlungs- und Ausflammverluste umfaßt und 80 bis 90 vH beträgt, zu multiplizieren, so daß sich ein wirtschaftlicher Wirkungsgrad von nur 8 bis 9 vH ergibt. Schließt man aber eine Abhitzeverwertung bis 300 ° herab an, etwa durch Dampferzeugung, so können theoretisch noch weitere 435 kcal/nm³ oder 72,5 vH der Brennstoffwärme oder bei 15 vH Gütegrad rd. 54 vH nutzbar gemacht werden.

Das *It*-Diagramm eröffnet noch einen bemerkenswerten Ausblick. Bei allen Feuerungen findet heute noch die Verbrennung bei konstantem, atmosphärischem Druck

Abb. 13
Wärmeinhalt-Temperatur-Diagramm (*It*) für Rauchgase
a CO_2 und H_2O undissoziert

[1]) Vergl. H. Menzel, Die Theorie der Verbrennung, Leipzig 1924, Th. Steinkopff, S. 47.

statt. Hierbei wird ein Teil des Brennstoffheizwertes bei der Expansionsarbeit der Verbrennungsgase latent und tritt daher nicht als fühlbare Wärme in Erscheinung. Die Verbrennungstemperatur ist daher entsprechend dem Unterschied von c_p und c_v niedriger. Dieser Unterschied der fühlbaren Wärmen beträgt bekanntlich für 1 kg Gas

$$\Delta_1 = (c_p - c_v)\, t = A\, R\, t = A\, \frac{848}{m}\, t,$$

wobei m das Molekulargewicht des Gases ist. Auf 1 nm³ Gas bezogen erhält man

$$\Delta_2 = A\, \frac{848}{m}\, t\, \frac{m}{22{,}4} = \frac{848}{427 \cdot 22{,}4}\, t = 0{,}089\, t\,.$$

Dieser Unterschied entspricht der Expansionsarbeit der Gase auf atmosphärischen Druck, er ist also, unabhängig von der Gaszusammensetzung, eine lineare Temperaturfunktion und als solche in Abb. 13 eingezeichnet. Für die Verbrennung bei konstantem Volumen erhält man die Verbrennungstemperatur, wenn man den Wärmeinhalt nicht von der Abszissenachse ($p =$ konst.), sondern von dieser Linie aus abträgt, wenn man also in Abb. 13 Parallelen zu ihr zieht. Statt 1600 ° bei konstantem Druck würde sich z. B. 2050 ° bei konstantem Volumen ergeben, und der thermische Wirkungsgrad des Ofenprozesses stiege auf etwa 33 vH, würde sich also verdreifachen, während die Abhitzeverwertung auf 54 vH fallen würde. Der Unterschied zwischen c_p- und c_v-Öfen kommt im Wirkungsgrad um so stärker zum Ausdruck, je höher die Arbeitstemperatur ist. Bezogen auf 0 ° wird der Unterschied natürlich zu null, da die bei der Verbrennung bei konstantem Druck latent werdende Wärme sich bei der Abkühlung bis auf 0 ° wieder vollständig in fühlbare Wärme umsetzt. Bei einer Trennung des thermodynamischen Vorganges durch die Arbeitstemperatur in zwei Temperaturbereiche ist die Abhitzeverwertung um so stärker Nutznießerin dieses Unterschiedes, je höher die Arbeitstemperatur ist.

Auch für die rechnerische Erfassung jeglicher Brennstoff- oder Luftvorwärmung ist das It-Diagramm geeignet. Man hat einfach die Wärmemenge für 1 nm³ Rauchgas zuzuzählen, die aus der Vorwärmung stammt. In Abb. 14 ist die für 1 nm³ Rauchgas durch Vorwärmung hinzukommende Wärmemenge in Abhängigkeit vom Brennstoffheizwert dargestellt. Wird z. B. bei der Verbrennung von Rohbraunkohle mit $n = 1{,}8$ die Luft auf 600 ° vorgewärmt, so sind zu H_u/V noch 170 kcal/nm³ hinzuzuzählen. Wird in einer Regenerativfeuerung mit Generatorgas von 1200 kcal/nm³ und $n = 1{,}1$ Luft und Gas auf 1000 ° vorgewärmt, so ergeben sich 170 kcal/nm³ für Luft und 196 für Gas, insgesamt 605 + 170 + 196 = rd. 970 kcal/nm³ oder 2400 ° Temperatur (ohne Dissoziation). Hierbei sei noch erwähnt, daß die Dissoziation zwar auf die Höhe der Verbrennungstemperatur, nicht aber auf den Wirkungsgrad Einfluß hat, sofern nur die Arbeitstemperatur nicht höher als 1500 ° liegt. Denn die Dissoziation führt als umkehrbarer Vorgang nur zu einer verschleppten Verbrennung, und die Anzahl der ausnutzbaren Wärmeeinheiten ist bei 1500 ° wieder die gleiche, nur oberhalb 1500 ° wird ein Teil der fühlbaren Wärme als chemische Wärme latent und verläßt den Arbeitsvorgang, um der Abhitzeverwertung zugute zu kommen.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Öfen hingewiesen, in denen sich in ähnlicher Weise fühlbare physikalische in latente chemische Wärme umsetzt. Hierher gehören vor allem die Hochöfen, bei denen die Arbeitstemperatur zwar sehr niedrig ist, trotzdem aber der volle Betrag H_u/V nicht zur Ausnutzung kommt, da er in Form chemischer Wärme im Gichtgas enthalten ist und in die anschließende Gichtgasverwertung hineingetragen wird. Obwohl hier die Austrittstemperaturen sehr niedrig sind, nähert sich der Wirkungsgrad keineswegs 100 vH, wie oft angenommen wird.

Diese Tatsache ist nur ein Ausdruck des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Die Wesensverwandtschaft von Öfen und Maschinen tritt darin besonders deutlich zutage. Von dem Wärmeinhalt J eines Wärmeträgers (Rauchgas) kann nur ein durch die Höhe der Arbeitstemperatur bestimmter Bruchteil J_1 auf das Gut übertragen werden. Der Rest J_2 ist für diesen Arbeitsprozeß verloren oder kann jedenfalls nicht mehr im gleichen Arbeitsraum ausgenützt werden; wäre er aber nicht aufgewendet worden, so wäre auch die Übertragung des ersten Teiles auf das Arbeitsgut nicht gelungen:

Die Übertragung einer Wärmemenge J_1 auf das Arbeitsgut ist technisch unmöglich, sofern nicht gleichzeitig eine zusätzliche Wärmemenge J_2 aufgewandt wird, die nicht auf das Arbeitsgut übergeht. Um also die Wärmemenge J_1 nutzbar zu übertragen, ist die Gesamtwärme $J = J_1 + J_2$ aufzuwenden.

Der thermische Wirkungsgrad $\eta_{th} = \frac{J_1}{J_1 + J_2}$ liegt um so höher, je geringer der Anteil J_2 ist. Da aber, bezogen auf die Gewichts- oder Raumeinheit, J_2 das Produkt aus der nahezu konstanten spezifischen Wärme und der veränderlichen Arbeitstemperatur ist:

$$J_2 = c_p\, t_A, \text{ also } \eta_{th} = \frac{J_1}{J_1 + c_p\, t_A}\,,$$

so hängt der thermische Wirkungsgrad bei gleicher Verbrennungstemperatur nur von der Arbeitstemperatur ab. Je niedriger diese ist, um so kleiner wird J_2 und um so höher der Wirkungsgrad. Da aber bei den Hochtemperaturprozessen die Arbeitstemperatur sehr hoch ist, so ist die Menge an nicht übertragbarer Wärme ein Vielfaches

Abb. 14. Vorwärmung

Abb. 15 bis 17
Anwendungen des *It*-Diagrammes auf Feuerungen für Steinkohle, Rohbraunkohle mit vorgewärmter Luft und für Generatorgas

der ausnutzbaren, wenn es nicht gelingt, sie noch in Regeneratoren oder Rekuperatoren für den eigentlichen Arbeitsprozeß heranzuziehen.

Auch die elektrischen Öfen seien in diesem Zusammenhang gestreift. Das *It*-Diagramm zeigt, daß die Hauptverluste in der fühlbaren Abgaswärme liegen, die beim elektrischen Schmelzen fortfallen. Trotzdem wäre die Annahme falsch, daß der thermische Wirkungsgrad annähernd 100 vH beträgt. Denn man muß in diesem Fall die Erzeugung und Verwendung der elektrischen Energie als Ganzes betrachten. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt im allgemeinen bis zum Ofen einschließlich der Umformerverluste kaum mehr als 10 vH, bedingt durch den Kesselwirkungsgrad, den thermischen Wirkungsgrad der Dampfmaschine, den Gütegrad usw. Daher sind elektrische Öfen der unmittelbaren Brennstoffverwendung thermisch nur dann überlegen, wenn bei dieser der thermische Wirkungsgrad niedriger als 10 vH ist.

Zum Schluß sollen noch einige Beispiele die Anwendungsmöglichkeiten des *It*-Diagrammes veranschaulichen.

Kohlenverbrauch eines Ofens, Abb. 15. In einem Ofen werden 1 000 000 kcal/h nutzbare Wärme bei 1400 ° gebraucht. Zur Verfügung steht Steinkohle von $H_u = 7000$ kcal/kg, die mit $n = 1{,}5$ verbrannt wird. Die fühlbare Rauchgaswärme ergibt sich aus Abb. 7 zu 600 kcal/nm³, die Verbrennungstemperatur aus Abb. 13 zu 1620 °.

Bei 1400 ° beträgt die Rauchgaswärme 505 kcal/nm³, ausnutzbar sind demnach 95 kcal/nm³. Daraus berechnet sich $\eta_{th} = 15{,}8$ vH und der Kohlenverbrauch

$$B = \frac{1\,000\,000}{0{,}158 \cdot 7000} = 905 \text{ kg/h}.$$

Würde der thermische Wirkungsgrad durch Luftvorwärmung oder geringeren Luftüberschuß auf 25 vH heraufgesetzt werden, was durchaus möglich ist, so wäre $B =$ 570 kcal/h; die Kohlenersparnis betrüge also 37 vH.

Verbrennung von Rohbraunkohle mit vorgewärmter Luft, Abb. 16. Bei 1200 ° Arbeitstemperatur soll Rohbraunkohle mit $H_u = 2300$ kcal/kg und $n = 2{,}0$ verwendet und 1400 ° Verbrennungstemperatur erreicht werden. Es ist festzustellen, wie hoch die Verbrennungsluft vorgewärmt werden muß und wie sich die Wärmeausnutzung auf Ofen und Rekuperator verteilt.

V_2 beträgt nach Abb. 10 etwa 40 vH. Nach dem *It*-Diagramm, Abb. 13, sind 504 kcal/nm³ erforderlich, damit 1400 ° erreicht werden. Hiervon liefert der Heizwert 360 kcal/nm³, so daß die Vorwärmung noch 144 kcal/nm³ einbringen muß, wozu nach Abb. 14 500 ° Lufttemperatur erforderlich sind. Es ist also

η_{th} im Ofen	= 15,1 vH
η_{th} der Vorwärmung . .	= 28,5 „
η_{th} insgesamt	= 43,6 vH.

Rohbraunkohle erreicht mit kalter Luft bei $n = 2$ noch nicht einmal die Arbeitstemperatur (1200 °). Das *It*-Diagramm zeigt also, daß der Prozeß überhaupt erst durch Abhitzeverwertung möglich geworden ist.

Verbrennung von Generatorgas, Abb. 17. Generatorgas von 1200 kcal/nm³ dient zur Beheizung eines Ofens mit 1500 ° Arbeitstemperatur. Luft ($n = 1{,}2$) und Gas werden im Regenerativverfahren auf 900 ° vorgewärmt. Festzustellen ist die Höchsttemperatur und der thermische Wirkungsgrad im Ofen (η_{th_1}) sowie die Austrittstemperatur aus den Kammern und deren thermischer Wirkungsgrad (η_{th_2}), ferner ob noch eine Abhitzedampferzeugung in Frage kommt.

Die fühlbare Rauchgaswärme setzt sich zusammen aus

H_u/V	575 kcal/nm³
Gasvorwärmung	143 „
Luftvorwärmung	180 „
insgesamt:	898 kcal/nm³.

Für $n = 1{,}2$ ($v_1 = 10$ vH) ergibt sich 2070 ° Verbrennungstemperatur und $\eta_{th_1} = 37{,}5$ vH.

Zum Vorwärmen in den Kammern werden 323 kcal/nm³ gebraucht. Das *It*-Diagramm ergibt hierfür 700 ° Austrittstemperatur und $\eta_{th_2} = 36$ vH.

Bei 700 ° ist die Anschaltung eines Abhitzekessels noch wirtschaftlich. In ihm können bei Abkühlung der Abgase bis auf 250 ° nochmals 155 kcal/nm³, also 17,2 vH, ausgenutzt werden. Der theoretische thermische Gesamtwirkungsgrad beträgt somit 90,7 vH. Bei 80 vH Gütegrad wird der Gesamtwirkungsgrad 72,5 vH. [B 2716]

Schwedische Diesellokomotive mit Flüssigkeitskupplung

Von Otto Schminke, Ingenieur, Aarhus-Aabyhøj

Beschreibung einer schwedischen Diesellokomotive mit 300 PS Leistung unter besonderer Berücksichtigung der kraftübertragenden Flüssigkeitskupplung, Bauart Rosén

In lokomotivtechnischen Kreisen ist man vornehmlich in kohlenlosen Ländern eifrig auf der Suche nach der geeignetsten Kraftübertragung von der Welle des Dieselmotors bis zur Treibachse der Lokomotive[1]). In Deutschland und Österreich wird für Lokomotiven kleinerer Leistung die Flüssigkeitskupplung nach der Bauart Lentz häufig benutzt, die wegen ihrer Einfachheit und wegen ihrer verhältnismäßig billigen Herstellung sehr geschätzt wird[2]).

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 198, 849, 937, Bd. 69 (1925) S. 321, 635, 642, 647, 1321, 1387, Bd. 70 (1926) S. 176, 470, 476, 527, 865.

[2]) Z. Bd. 56 (1912) S. 577, Bd. 65 (1921) S. 1160, Bd. 69 (1925) S. 647.

Im nachfolgenden soll über ein weiteres hierzu brauchbares Flüssigkeitsgetriebe berichtet werden, das sich als umsteuerbares Wechselgetriebe oder als elastische, während des Betriebes ein- und ausschaltbare Kupplung oder auch als Vereinigung dieser beiden als Zwischenglied bei Kraftmaschinen zu einer stoßfreien Kraftübertragung für Schiffe, Lokomotiven, Kraftwagen, Werkzeugmaschinen usw. eignet und bereits in zweifacher Ausführung für den Antrieb von Dieselmotor-Lokomotiven in Schweden ausgeprobt worden ist.

Diese Flüssigkeitskupplung ist vom Zivilingenieur Rosén, Kalmar, Schweden, erbaut worden und ähnelt grundsätzlich dem vorerwähnten Kapselgetriebe von Lentz.

Abb. 1 bis 3 Flüssigkeitskupplung für Diesellokomotiven, Bauart Rosén, mit Kraftübertragung von etwa 300 PS bei vier Geschwindigkeitsstufen

a Kapselpumpe *b* Kapselmotor (Turbine) *c* Ventilkasten *d* Pumpenrad *e* Sicherheitsventil *f* Hohlräume, als Druck- oder Saugräume der Pumpe dienend f_1 Dichtungsstege *g* drehbare Pumpenradschaufeln *h* Führungsschienen für die Schaufeln *i* Oelkanal *k* Rohrleitungen zum Kapselmotor *b* *l, m, n, o* Steuerkolbenventile *p* Schaufeln des Kapselmotors mit zwei konzentrischen Rädern *q* Dämpfer zum Ausgleich der Ungleichförmigkeit im Drehmoment des Dieselmotors *r* Lufteintritt *s* Anlaßölbehälter *t* Leitung zum Saugraum *v* Anlaßventil *w* Oelkanal *x* Ventil *y* Leitung *z* Behälter a_1 Rückleitung des Oeles

Abb. 4
1 B 1-Diesellokomotive, Seitenwand abgenommen. Zwölfzylindriger Dieselmotor, Bauart Atlas-Diesel, Stockholm, Leistung 300 PS bei 550 Uml./min, Flüssigkeitskupplung, Bauart Rosén

Als Motorlokomotivkupplung, Abb. 1 bis 3, besteht sie in der Hauptsache aus der Kapselpumpe a und dem Kapselmotor b. Beide Teile sind verbunden durch Rohrleitungen oder Kanäle, zwischen die ein Ventilkasten c geschaltet ist. Die Anordnung dieser Teile ist beliebig und gestattet Freiheit in der Gewichtverteilung und damit Einfluß auf den Achsdruck der Lokomotive.

Als Druckübertragungsmittel ist ein Mineralöl gewählt worden (Shell-Voltol), das durch elektrische Vorbehandlung eine ziemlich gleichbleibende Zähflüssigkeit bei allen Temperaturen bis 50 oder 60 °C erhält.

In dem Gehäuse der Pumpe a dreht sich mit der Umlaufzahl des Dieselmotors das Pumpenrad d, Abb. 3; es bildet mit den beiden Deckeln die Hohlräume f, die auf der einen Hälfte des Umfanges den Druckraum und auf der andern Hälfte den Saugraum darstellen. Druckraum und Saugraum sind getrennt und gedichtet durch die in den Deckeln befestigten Stege f_1. Im Pumpenrad sind vier drehbare Schaufeln g angeordnet, deren verlängerte Achsen, mit einem Hebelarm versehen, außerhalb des Druckraumes mittels Zapfen und Rollen an den Führungsschienen h zwangläufig und doch fast widerstandslos so geführt werden, daß die Schaufeln sich bei jeder Umdrehung des Pumpenrades zweimal um 90 ° drehen. Nach der ersten Drehung um 90 ° ist die Schaufelfläche im Druckraum voll wirksam, nach der zweiten Drehung treten die Schaufeln durch die Dichtungsstege in den Saugraum.

Die Anordnung und der Bewegungsmechanismus der Schaufeln stellen die Hauptpatente von Rosén dar; die Wirkungsweise ist außerordentlich einfach. Das aus der Umlaufpumpe a kommende Öl erhält durch die Pumpwirkung eine vom Drehmoment des Dieselmotors abhängige Pressung, und zwar bei voller Ausnutzung der Lokomotivzugkraft etwa 40 at; das Öl wird dann weiter durch die Kanäle i dem Ventilkasten c zugeführt. In diesem Ventilkasten, bei dem man auch Druck- und Saugraum unterscheidet, sind die Steuerkolbenventile l, m, n, o angebracht. Das Drucköl strömt durch diese Kolbenventile und die anschließenden Rohrleitungen k in den Kupplungsmotor b. Dieser ist grundsätzlich genau so aufgebaut wie die Kupplungspumpe a, jedoch mit dem Unterschied, daß zwei oder mehr getrennte Turbinenräder konzentrisch auf der Motorachse (Blindachse) sitzen, und daß die Wirkungsweise umgekehrt ist wie bei der Pumpe a. Das Drucköl übt in den Druckräumen von b einen Druck auf die Schaufeln p aus, die gerade an der Kanalmündung in Arbeitstellung gedreht sind, wodurch Umlauf der Blindachse entsteht. Das entspannte Öl läuft durch den Kanal der Saugseite, durch den Ventilkasten und weiter durch den Kanal w nach dem Saugraume der Pumpe a zurück, und der Kreislauf beginnt von neuem. Stets arbeitet also dasselbe Öl innerhalb des Getriebes, doch wird von einer Stelle der Saugleitung aus ein Teil des Getriebeöles durch einen Kühler geführt. Die Achsen von Pumpe und Motor sind um 90 ° zueinander versetzt angeordnet.

Die Umlaufzahl auf der getriebenen Seite wird durch Ab- oder Zuschalten von Turbinen auf der getriebenen Seite mittels der ringgeschlitzten Kolbenventile l, m, n, o geändert, wobei an den einzelnen Turbinenstufen die wirksame Schaufelfläche vergrößert oder verringert wird. Die Drehrichtung des Kupplungsmotors wird ebenfalls mittels der Kolbenventile durch Änderung der Strömungsrichtung des Drucköles umgekehrt.

Zwischen Saug- und Druckraum ist noch ein Sicherheitsventil e angeordnet, das auch als Überströmventil wirken kann. Es wird davon beim Anfahren und Wechseln von Geschwindigkeitsstufen Gebrauch gemacht, damit man sanfte Übergänge erhält. Der Dämpfer q gleicht selbsttätig die durch die Ungleichförmigkeit im Drehmoment des Dieselmotors auftretenden Stoßdrücke aus.

Die Ölförderung durch die Pumpe a, wie überhaupt der Öldruck innerhalb des ganzen Umformers, ist bei allen Geschwindigkeiten der Lokomotive fast gleich. Die Ölgeschwindigkeit beträgt in den Kanälen höchstens 6 m/s.

Wenn auch dieses Kraftübertragungsglied nach Rosén auf dem Gebiete der Flüssigkeitsübertragung noch nicht als ganz vollkommen gelten kann, so ist man doch mit diesem Getriebe einen kleinen Schritt weiter gekommen; denn bei seinem Wirkungsgrad von 75 bis 85 vH ist das Rosén-Getriebe, weil wenig Einzelteile und fast nur zu drehende Teile vorhanden sind, einfacher und billiger als die bis jetzt bekannten Flüssigkeitsgetriebe für Lokomotiven, hauptsächlich die Kapselgetriebe. Diesen Umstand kann man auf alle Fälle als einen Vorteil ansprechen; denn Vereinfachung unter gleichzeitiger Beibehaltung des Wirkungsgrades ist immer ein Gewinn.

Große Vorteile sind bei der Rosén-Kupplung im Aufbau der Schaufeln zu finden. Diese sind nämlich billig herzustellen, weil fast nur, wie schon erwähnt, Dreharbeit an ihnen zu leisten ist. Die Schaufeln zeigen bei allen Größen ungefähr Quadratform, wodurch die Spaltverluste des hochgespannten und warmen Öles gering sind; denn ein Quadrat hat ja gegenüber dem Rechteck einen geringen Umfang bei der größtmöglichen Fläche. Die Schaufeln sind sicher gelagert in Drehzapfen und Kugellagern, die auch die Fliehkräfte der Schaufeln aufnehmen. Durch diese ungefähr quadratische Form der wirksamen Schaufeldruckfläche und die beste Schaufellagerung ist die Übertragung von 1500 bis 2000 PS Leistung möglich, und zwar noch in e i n e m Kupplungssatz, wenn die Umlaufzahlen der Antriebmaschine in den üblichen Grenzen der Lokomotivtechnik gehalten werden. Nach Rosén wären bei einer Übertragung von z. B. 1200 PS Motorleistung bei $n = 500$ Uml./min folgende Schaufelabmessungen erforderlich:

Abb. 5 und 6
Längsschnitt und Grundriß der 1 B 1-Diesellokomotive, Bauart Rosén

a) An der Pumpe bei $p = 50$ at Öldruck
wirksame Schaufelfläche $F_p = 200$ cm²
Schaufelhalbmesser $r_p = 21{,}5$ cm,

b) An der Turbine bei 1500 mm Treibraddurchmesser und bei 63 km/h Geschwindigkeit der Lokomotive
wirksame Schaufelfläche $F_{t2} = 320$ cm²
„ „ $F_{t4} = 200$ „
Schaufelhalbmesser $r_{t2} = 40$ cm
„ $r_{t4} = 31$ „ .

Diese Schaufelgrößen lassen sich bei normalem Lichtmaß in einer Rosén-Kupplung im Lokomotivrahmen gut unterbringen, und zwar in einem Kupplungssatz und nur auf Grund der ungefähr quadratischen Schaufelform.

Über die Diesellokomotive, Abb. 4 bis 6, mit der Achsanordnung 1 B 1 ist noch folgendes zu erwähnen: Der zwölfzylindrige Dieselmotor mit V-förmiger Zylinderanordnung und Verdichter ist geliefert von der Firma Atlas-Diesel, Stockholm. Er leistet 300 PS bei 550 Uml./min. Der Treibraddurchmesser beträgt 1450 mm und die höchste Geschwindigkeit 75 km/h. Eine Knorrbremse in Verbindung mit Lamberts-Sandstreuer und Wurfhebel-Handbremse ist vorgesehen.

Es sind zwei Führerstände, Abb. 7, vorhanden, die ausgerüstet sind mit: Führerschaltventil *a*, Führeranlaßventil *b*, Führerbremsventil *c*, Brennstoff-Regelventil *d* und Totmannkurbel *e*. Alle Führerventile steuern mittels Druckluft die entsprechenden Ventile am Flüssigkeitsgetriebe und an Bremse und Sandstreuer.

Bevor Führerschalt- und Anlaßventil bedient werden können, muß die Totmannkurbel durch einfaches Niederdrücken eines Federgriffes mit der linken Hand in Fahrbereitschaft gebracht werden. Die gesamte Kraftüberführung der Kupplung wird unwirksam, also die Zugkraft der Lokomotive aufgehoben, wenn durch irgendeinen Umstand der Lokomotivführer die Totmannkurbel losläßt. In diesem Augenblick tritt außerdem noch die Notbremse in Tätigkeit.

Der Motor wird mit Druckluft folgendermaßen angelassen: Mittels des Führeranlaßventils *b*, Abb. 7, wird Luft von etwa 60 at Druck aus dem Luftvorrat des Dieselmotors durch die Öffnung *r*, Abb. 1, in den Anlaßölbehälter *s* eingeführt. Dadurch wird das Öl durch die Leitung *t* und das Anlaßventil *v* in den Saugraum (unteren Raum) des Ventilkastens geleitet. Da sämtliche Kolbenventile *l*, *m*, *n*, *o* die Kanäle nach der Turbine *b* absperren, so tritt das Öl durch den Kanal *w* in die Pumpe *a* und versetzt diese samt dem Dieselmotor in Drehung. Das dabei entspannte Getriebeöl geht durch den Kanal *i* zurück in den oberen Raum des Ventilkastens, durch Ventil *x* und Leitung *y* in den

Abb. 7. Führerstand
a Führerschaltventil *b* Führeranlaßventil *c* Führerbremsventil
d Brennstoff-Regelventil *e* Totmannkurbel

Behälter z. Der Dieselmotor läuft bei den ersten paar Anlaßumdrehungen durch besondere Handhabung ohne Verdichtung; etwa bei der fünften oder sechsten Umdrehung setzen Verdichtung und Zündung ein. In diesem Augenblick des selbständigen Arbeitens des Dieselmotors schließen die Anlaßventile v und x, und die Kupplungspumpe a wird als solche wirksam, läuft jedoch so lange leer, da das Überströmventil e ganz geöffnet wird, bis Ventilschaltung zur Ingangsetzung des getriebenen Teiles b eintritt. Aus dem Behälter z läuft nunmehr über Leitung a_1 das Anlaßöl zurück zum Anlaßölbehälter s, nachdem die Luft wieder abgeführt ist; die Anlage ist nun wieder bereit zum Anlassen.

Die Geschwindigkeit der Lokomotive ist in vier Schaltstufen regelbar; dabei vollzieht sich der Übergang von einer Stufe zur andern völlig sanft und ohne Unterbrechung der Zugkraft. Es können auch, insbesondere bei größeren Leistungsübertragungen, mehr Schaltstufen als vier eingerichtet werden.

Zu erwähnen ist noch, daß die Treibachse von der Blindwelle aus mittels einer schweren Morse-Kette angetrieben wird. Man ist Ketten im allgemeinen Lokomotivbau nicht gewöhnt, doch hat sich diese Kette bis jetzt sehr gut bewährt und bietet auch im Vergleich mit der Pleuelstange manche Vorteile an einer Motorlokomotive.

Die Diesellokomotive ist hergestellt bei der Kalmar-Verkstads-Aktiebolag in Kalmar; sie versieht seit acht Monaten regelmäßigen Personen- und Güterzugdienst bei der Kalmar-Järnvägar auf der 30 km langen Strecke Kalmar – Nybro. [B 2411]

Heinrich Kamp †

Am 13. Januar 1927 verschied hochbetagt in Berlin-Grunewald der frühere Generaldirektor des „Phoenix", A.-G. für Bergbau und Hüttenbetrieb, Kommerzienrat Dr.-Ing. E. h. Heinrich Kamp. Mit ihm ist wieder einer der Führer der alten Generation dahingegangen, die die Entwicklung der Großeisenindustrie an leitender Stelle mitmachen konnten. Allen denen, die mit ihm zusammengearbeitet haben, steht seine reckenhafte, kernige Gestalt wohl unvergeßlich vor Augen. Nicht nur äußerlich, auch innerlich war Kamp ein echter Sohn der roten Erde, der er entstammte, eine gerade, offene Kämpfernatur, die, was sie für recht erkannt hatte, auch gegen alle Widerstände durchfocht.

Geboren in Wetter an der Ruhr am 31. August 1841 als Sohn des Hüttenbesitzers Hermann Kamp verbrachte er schon seine frühesten Jugendjahre in enger Berührung mit der Industrie, da sein Vater, der dort die Mechanischen Werkstätten und das Puddel- und Walzwerk Kamp & Co. leitete, ihn manchen Einblick in die Arbeiten nehmen ließ. So wurde ihm die Liebe zu seinem späteren Berufe eingepflanzt. Nachdem er auf dem damaligen Königl. Gewerbeinstitut, Berlin, seine Studien der Ingenieurwissenschaften beendet und seiner militärischen Dienstpflicht bei der Marine genügt hatte, trat er im Jahre 1862 in die Praxis und bekleidete bis 1874 verschiedene Stellungen in der westfälischen und saarländischen Eisenindustrie. In diesem Jahre wurde er an die Spitze der damaligen Westfälischen Union, Hamm i. Westf., berufen. Diese verdankt seiner fast 25jährigen Tätigkeit ihre glänzende Entwicklung. Er baute das Werk aus und schuf in durchgreifender Erneuerung Anlagen, die es in kurzer Zeit an die Spitze der Deutschen Draht- und Drahtverfeinerungsindustrie brachten. Als die Westfälische Union im Jahre 1898 mit dem „Phoenix" vereinigt wurde, trat Kamp zu ihm über und übernahm bald die alleinige Leitung dieser Gesellschaft. Auch hier wieder war seine erste Aufgabe, die veralteten Anlagen des Hauptwerkes in Ruhrort durch technische Neuerungen zu verjüngen. Es gelang ihm, die Erzeugung auf dem gegebenen eingeengten Raume ganz erheblich zu steigern. In die Zeit seiner Tätigkeit bei der Phoenix-A.-G. fiel deren Vereinigung mit den Zechen der A.-G. Steinkohlenbergwerk „Nordstern" und dem Hörder Bergwerks- und Hüttenverein, die ersten großen Zusammenschlüsse in der Eisenindustrie, die man als die Vorläufer der heutigen Großkonzernbildung bezeichnen kann.

Die Vorliebe Kamps galt stets der technischen Seite seines Berufes; trotz aller Verwaltungsaufgaben griff er immer wieder persönlich in den Betrieb seiner Werke ein. Daneben aber zeigte er einen regen Sinn für wirtschaftliche Dinge. So erkannte er schon frühzeitig den Wert des Zusammenschlusses von Erzeugern gleicher Waren, und seiner Anregung verdankte einer der ersten Verbände, das Drahtstiftsyndikat, seine Gründung. In vielen andern Verbänden hat er im Laufe der Jahre mitgearbeitet, überall schätzte man sein klares Urteil und zog aus seinen Erfahrungen Nutzen. Regen Anteil nahm er an der Entwicklung des Verkehrswesens. Viele Jahre war er im Bezirkseisenbahnrat tätig, die „Westfälische Landeseisenbahn" zählt ihn zu ihren Gründern, und der Verein zur Schiffbarmachung der Lippe stand lange unter seiner Leitung. In Ruhrort war er auch stellvertretender Vorsitzender der Handelskammer.

Als Kamp sich im Jahre 1908 zur Ruhe gesetzt hatte, wurde er in den Aufsichtsrat der Phoenix-A.-G. gewählt, dem er bis zu seinem Lebensende angehörte. Seine Verdienste um die technische Förderung der Eisenindustrie wurden durch seine Ernennung zum Dr.-Ing. E. h. anerkannt, und die Wirtschaft ehrte ihn durch Ernennung zum Ehrenmitgliede des Vereins Deutscher Eisen- und Stahlindustrieller.

Nicht besser kann man Kamps Persönlichkeit kennzeichnen, als es Wilhelm Beumer gelegentlich des achtzigsten Geburtstages in einem Glückwunschschreiben an den Verstorbenen tat, in dem er sagte: „Wären alle Deutschen Männer gewesen wie Sie, so hätten wir den Krieg nicht verloren." [P 133]

Die Wärmewirtschaft der Form-Trockenvorrichtungen in den Gießereien

Von Dr.-Ing. A. Wagner, Duisburg[1])

Die nachfolgenden Untersuchungen, die ein möglichst umfassendes Bild vom heutigen Stand der Wärmewirtschaft der Trockenvorrichtungen geben sollen und deshalb durch Hinweise auf das Schrifttum ergänzt werden, umfassen:

1. das Trocknen beweglicher Formteile in Kammern
   a) bei Hochofen-Gasfeuerung,
   b) bei Koksfeuerung,
   c) bei Verfeuerung von Braunkohlenpreßlingen,
   d) bei Verwendung von Koksgrus mit Unterwindfeuerung;
2. das Trocknen von Gußformen am Formplatz
   a) mit Braunkohlenpreßlingen,
   b) mit bewegbarer Kokstrockenvorrichtung älterer Bauart mit Gebläseluft,
   c) mit Trockenvorrichtung, Bauart Oehm, bei Verwendung von Druckluft,
   d) mittels Gasbrenners, Bauart Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G., unter Anwendung von Gebläseluft,
   e) durch einfachen Hochofengas-Röhrenbrenner ohne besondere Zuführung von Luft.

So einfach die Vorgänge in der Trockenkammer auf den ersten Blick erscheinen, um so verwickelter zeigen sie sich bei näherer Betrachtung. Die Trocknung kann durch Verdunsten des Wassers vor sich gehen, d. h. bei einer Temperatur, die tiefer liegt als die Siedetemperatur des Wassers, oder durch Verdampfen des Wassers, wenn die Temperatur der Abgase aus dem Trockenraum die Siedetemperatur des Wassers erreicht oder überschreitet; d. h. der Wasserdampf tritt als überhitzter Dampf aus.

Soll der Wirkungsgrad der Trocknung möglichst hoch sein, so müssen die Abgase mit Wasserdampf möglichst voll gesättigt sein. Die Verdampfung und damit der Trockenvorgang werden um so schneller vor sich gehen, je höher die Kammertemperatur ist[2]). Die Ansichten über die Höhe der Kammertemperatur sind sehr verschieden. Maßgebend für die Trocknung in der Kammer ist

1. die Größe der zu trocknenden Fläche,
2. der Temperaturunterschied,
3. die Geschwindigkeit der erhitzten Luft, d. h. des Wärmeträgers.

Durch starken Wechsel des erhitzten Luftgemisches bei gleichbleibender Temperatur erreicht man eine starke Trockenwirkung an der Oberfläche der Form. Anderseits erhält man auch durch geringen Gaswechsel gute Trockenwirkung, wenn die Kammertemperatur entsprechend hoch ist. Die Widersprüche in den Temperaturhöhen bei denselben Gußwarengattungen sind hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß meist Unklarheit über den Vorgang der Trocknung und den Grad der Wasserentziehung herrscht.

Bevor die Trockenkammer bei verschiedener Beheizung und Belastung bilanzmäßig untersucht wurde, stellten Koch und ich einige grundlegende Versuche mit Würfeln an, die den Trocknungsvorgang in der Formmasse veranschaulichen.

Vier Würfel von je 300 mm Kantenlänge, aus etwas fetterer Sandmischung und ohne Kerneisen hergestellt, wurden nach verschiedenen Trockenzeiten auf ihre Nässeabnahme untersucht. Die Würfel waren in mittlerer Kammerhöhe auf einen besonders eingebauten eisernen Träger gelagert. Die Gaskanäle waren mit durchlochten Platten abgedeckt, um eine starke Flammenwirkung auf die mittleren Würfel zu verhindern. Die Würfel hatten vor der Trocknung folgende Nässegehalte:

Nr. 1 = 15,10 vH,
„ 2 = 15,05 vH,
„ 3 = 11,75 vH,
„ 4 = 13,53 vH.

Nach verschiedenen Trockenzeitabständen wurden die Würfel gezogen und abgewogen, Zahlentafel 1. Sodann wurden von den dem Brenner abgewandten Seiten verschieden dicke Schichten heruntergeschabt, wobei die angrenzenden Flächen in demselben Dickenverhältnis mitabgeschabt wurden. Die Nässezahlen der abgeschabten Schichten wurden bestimmt und graphisch ausgewertet. Zusammenfassend ergab sich aus diesen Versuchen:

1. Die Trocknung geht von unten, d. h. von der aufliegenden Fläche, in den ersten Stunden sehr langsam vor sich. Bei dem nach 3 bis 4 h gezogenen Würfel war das Blech unter dem Würfel vollständig naß und mit Wasserperlen benetzt. Nach längerem Trocknen kam die Unterseite den übrigen Seiten mit geringer Verzögerung nach.

2. Die obere Würfelseite war weniger tief angetrocknet als die Seitenflächen. Die Wasserdämpfe im trockenen Körper nehmen ihren Weg nach oben und verhalten sich also im Körper genau so wie im freien Raum.

3. Die Seitenflächen waren auffallend gleichmäßig tief angetrocknet, gleichgültig, ob sie nach dem Brenner, Fuchs oder nach den Kammerwänden oder dem Nachbarwürfel zu gelagert waren.

4. Die Kanten und Ecken waren tiefer eingetrocknet; der nasse Kern hatte etwa die Form eines auf der stumpfen Spitze stehenden Eies.

5. Der Übergang vom trockenen zum nassen Teil war ziemlich schroff und nicht allmählich, wie man im allgemeinen annimmt. Der Grad der in der Zeiteinheit ausgetriebenen Wassermengen nimmt mit zunehmender Trockenheit ab, da die außenliegenden, getrockneten Zonen schlechte Wärmeleiter sind, d. h. der spezifische Wärmeaufwand steigt mit zunehmender Trockentiefe.

Zur Feststellung der Umstände, die die Kammertemperatur beeinflussen können, wurden die Leerkammerversuche Tg 3 bis Tg 5 vorgenommen, Zahlentafel 2, mit dem Ergebnis, daß bei richtig beheizten Kammern die Fuchstemperatur niedriger als alle andern Kammertemperaturen sein muß, da sonst tote Kammerstellen vorhanden sind. Die Gewohnheit, nur mit dem oberen Kaminzug zu heizen, ist vom wärmetechnischen Standpunkt aus falsch, weil die Heizgase ihren kürzesten Weg zur Esse nehmen und die Bildung von toten Räumen begünstigen. Man soll möglichst den oberen Kamin stark drosseln und mit dem untenliegenden Kaminzug arbeiten. Die Kaminschieber sind auf leichten Überdruck der Kammer einzustellen. Der Begriff des „nutzbaren“ Kammerraumes im Gegensatz zum „absoluten“ Kammerraum wird eingeführt: Nutzbarer Kammerraum gleich dem absoluten Kammerraum vermindert um den Raum unter dem Trockenwagen.

Der Wirkungsgrad von Trockenkammern ist im allgemeinen sehr gering. Man trifft vielfach Anlagen mit einem Wirkungsgrad von nur 20 vH, ja sogar von weniger als 10 vH. Besonders groß sind die Strahlungsverluste, die in einer Bilanzzusammenstellung von Erbreich[2a]) sogar 82,5 vH erreichen, denen als niedrigste Verlustzahl 14,2 vH gegenübersteht. Als Wertmesser für die Beurteilung der Trocknung gilt bei den vorliegenden Versuchen der spezifische Wärmeaufwand für die Verdampfung von 1 kg Wasser und der Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis der nutzbar gemachten Wärme zum Gesamtwärmeaufwand.

Alle mit Gasfeuerung durchgeführten Versuche zeigten ein verhältnismäßig langsames Steigen der Kammertemperaturen. Die Höchsttemperatur wird erst gegen Ende der Trocknung erreicht, so daß die in den Wänden und Eisenteilen der Kammer aufgespeicherte Wärme zum größten Teil für die Trocknung verloren ist. Um Zeit für die Nutzbarmachung der vom Mauerwerk des Trockenraumes aufgenommenen Wärme zu gewinnen und um sie für Trocknungszwecke nutzbar zu machen, sollte man die Kammertemperatur bei Beginn der Trocknung so schnell steigern, als es die Beschaffenheit des zu trocknenden Gutes zuläßt. Je höher die Kammertemperatur, um so schneller und ausreichender kann auch der für die Trocknung so wichtige Luftwechsel vorgenommen werden. Dieses Vorgehen wird mit hochwertigen Brennstoffen, z. B. Koks, verwirklicht.

Bei dem mit Koks durchgeführten Versuch Tk 15 waren die Formen pulvertrocken. Trotzdem betrug die durchschnittliche Wasserabnahme 5,62 vH, war also verhältnismäßig gering. Die scharfe und schnelle Trocknung scheint nur auf die äußeren Schichten einzuwirken, während die innere Nässe infolge der schlechten Wärmeleitfähigkeit der vorgelagerten, scharf getrockneten Zonen von den Heizgasen nicht erfaßt wird. Die Richtigkeit dieser Annahme wurde in einwandfreier Weise durch Trockenversuche von Gußformen am Formplatz bewiesen. Hochofengas liefert

[1]) Auszug aus der vom Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, mit dem 1. Preis ausgezeichneten gleichlautenden Preisarbeit von Dr.-Ing. A. Wagner und Dipl.-Ing. A. Koch, Duisburg. „Die Gießerei“ Bd. 13 (1926) S. 609.

[2]) Eine Zusammenfassung der im Schrifttum sehr verschieden angegebenen Trockenkammertemperaturen sowie der Kohlenverbrauchszahlen für 1 m³ Trockenkammerraum ist in der Originalarbeit, „Gießerei“ Bd. 13 (1926) S. 609, angegeben.

[2a]) „Die Gießerei“ Bd. 11 (1924) S. 139.

Zahlentafel 1. Nässeveränderung von vier Würfeln nach verschiedenen Trockenzeiten

Würfel Nr.	Trockenzeit h	Naßgewicht kg	Trockengewicht kg	Abnahme kg	Abnahme vH
1	6[45]	53,75	47,20	6,55	12,25
2	5[55]	52,10	46,25	5,85	11,23
3	5[15]	51,05	45,90	5,15	10,10
4	4	51,60	47,70	3,90	7,56

Zahlentafel 2. Zusammenstellung der Trockenkammerversuche

Versuch-Nr.	Tg 1	Tg 2	Tg 3	Tg 4	Tg 5	Tg 6	Tg 7	Tg 9	Tg 10	Tg 11	Tg 12	Tg 13	Tk 14	Tk 15	Tgr 17	Tgr 18
Brennstoff	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Gas	Koks	Koks	Koks-grus	Koks-grus
Trockengut	Würfel		Kammer leer			Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kasten	Kammer leer	Kasten	Kammer fast leer	Kasten
Mittlere Wanddicke der Formen . . mm	—	—	—	—	—	350	350	350	350	350	350	350	—	350	—	350
Gewicht der Eisenteile in der Kammer kg	—	—	—	—	—	6580	8258	12 133	13 000	10 174	5213	4423	—	10 137	(3000)	7512
Gewicht des Sandes in der Kammer . . kg	—	—	—	—	—	6969	8547	9379	10 351	10 873	5212	4400	—	9333	(5000)	5852
Kammerbelastung im Verhältnis zum gesamten Raum . vH	—	—	—	—	—	8,23	10,14	11,9	13,05	12,85	6,25	5,27	—	11,35	5,5	6,93
Kammerbelastung im Verhältnis zum nutzbaren Raum vH	—	—	—	—	—	—	—	—	21,73	21,5	—	—	—	18,93	9,19	11,60
Trockenzeit insgesamt . . . . . . h	8,0	6,75	6,5	9	6,5 + 2	11,5	8,0 + 5*)	10,5	7,5**) + 2	12**) + 3	10,5	7	3,5**) + 6,8	1 + 6	3,66	3 + 6
Trockenzeit auf das Sandgewicht . h/t	—	—	—	—	—	1,65	0,936	1,12	0,725 +0,193	1,103 +0,276	2,01	1,59	—	0,107 +0,645	0,73	0,56 + 1,13
Mittlere Kammertemperatur . . . . °C	240	230	190	215	300	175	170	175	150	210	—	—	340	210	(350)	240
Eingeführte Wärmemenge insgesamt 10^6 kcal	1,354	1,188	1,006	1,593	1,709	2,005	1,42	1,872	1,611	2,778	1,559	1,21	2,880	1,9008	1,921	1,273
Eingeführte Wärmemenge in der Stunde 10^3 kcal/h	169,2	176	154,8	177	262,8	174,5	175,9	178,2	215	236,4	148,3	172,8	824	1960,8	526	425
Eingeführte Wärmemenge auf das Sandgewicht . 10^3 kcal/t	—	—	—	—	—	288	166	200	156	255	299	275	—	203	(385)	238
Ausgetriebene Wassermenge insgesamt kg	—	—	—	—	—	775	495	544	510	1000	494	314	—	523	—	341
Ausgetriebene Wassermenge auf das Naßsandgewicht kg/t	—	—	—	—	—	111,10	58,0	58,1	49,3	92	94,6	71,5	—	56,2	—	63,8
Wärmebedarf für ausgetriebenes Wasser kcal/kg	—	—	—	—	—	2590	2870	3440	3160	2778	3153	3852	—	3630	—	3732
Windverbrauch . m^3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2089
Trockenkosten auf das Sandgewicht (ohne Löhne) ℳ/t	—	—	—	—	—	1,24	0,72	0,81	0,67	1,10	1,29	1,18	—	0,80	—	0,28

*) 5 h außerhalb der Kammer nachgetrocknet.
**) 1. Zahl: Zeitaufwand für die Verbrennung des Brennstoffes, 2. Zahl: Stundenzahl der Trocknung im abfallenden Temperaturverlauf.

nasse Hitze, während die Heizgase bei der Koksfeuerung trockener sind, d. h. sie neigen leicht dazu, Wasserdampf aufzunehmen. Durch erhöhten Luftwechsel kann der Nachteil der nassen Hitze ausgeglichen werden, doch ist die Grenze durch die Erniedrigung der Kammertemperatur gegeben.

Die Trockenkammern wurden nicht mit Braunkohlenbriketts beheizt. Bei einem Preisverhältnis von 1 : 1,7 zwischen Braunkohlenbriketts und Koks wird nach Erbreich[3]) die Brikettfeuerung um 30 vH billiger.

Die Trockenkammern beheizt man am billigsten bei der Verwendung von Koksgrus mit Unterwind, Versuch Tgr 18. Der Unterwind kann nach der Abgasanalyse geregelt werden. Ein wirtschaftlicher Vergleich zeigt die große Überlegenheit der Koksgrus-Unterwindfeuerung gegenüber den andern Beheizungsverfahren. Die Hochofengas-, Braunkohlenbriketts- und Koksfeuerungen folgen.

Der Wärmebedarf für das ausgetriebene Wasser lag bei den Trockenkammerversuchen zwischen 2590 und 3852 kcal/kg; er ist um so größer, je schärfer, d. h. schneller getrocknet wird, während die Gesamtmenge des ausgetriebenen Wassers verhältnismäßig gering wird, weil die scharf getrockneten äußeren Schichten eine schlechte Wärmeleitfähigkeit aufweisen und die Nässe der tiefer liegenden Zonen der Einwirkung der Heizgase entziehen. Die Werte für die Wärmeausnutzung bewegen sich zwischen 16,1 und 24 vH. Dabei wurde jedoch, um einheitliche Vergleichswerte zu bekommen, eine Dampftemperatur von nur 100° angenommen und die Erwärmung des verdampften Wassers auf die mittlere Kammertemperatur nicht berücksichtigt; so daß die wahren Wirkungsgrade etwas höher liegen.

Auf Grund der durchgeführten Versuche ergibt sich die Notwendigkeit, Wände und Gewölbe der Trockenkammer durch Verwendung von porösen Isoliersteinen zu isolieren, um die Strahlungsverluste zu verringern. Die Kammertür ist doppelwandig auszuführen. Die Kammerhöhe soll so niedrig wie möglich gewählt werden. Für 100 m² Kammerraum sollte man etwa 2 m² Rostfläche vorsehen, die zur Verbesserung der Zugverhältnisse möglichst tief unter der Kammersohle liegen muß. Für den erfolgreichen Betrieb ist die Überwachung der Kammertemperatur unerläßlich, besonders bei Unterwindfeuerung. Die Temperaturmessung soll sich nicht auf den Fuchs beschränken, sondern sich

Abb. 1
Kokstrockenvorrichtung älterer Bauart

[3]) „Die Gießerei" Bd. 8 (1921) S. 4.

Abb. 2 und 3
Gasbrenner, Bauart Gelsenkirchner Bergwerks-A.-G

gleichzeitig auf mehrere Stellen der Kammer erstrecken. Der Trocknungsvorgang muß als beendet angesehen werden, wenn die Abgase wenig Nässe führen, d. h. trocken werden.

Die Herdtrocknungsversuche wurden mit Braunkohlenpreßlingen einer Kokstrockenvorrichtung älterer Bauart, Abb. 1, der Oehm-Trockenvorrichtung, einem Gasbrenner, Bauart Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G., Abb. 2 und 3, und einem Röhrengasbrenner einheitlich an einer Hochofenkokille durchgeführt. Ein mit Braunkohlenbriketts durchgeführter Trocknungsversuch ergab für die Verdampfung von 1 kg Wasser den äußerst niedrigen spezifischen Wärmeaufwand von 2660 kcal, der der besten Wärmeverbrauchzahl bei den Kammer-Trocknungsversuchen zur Seite zu stellen ist. Nicht anwendbar ist die Herdtrocknung mit Preßlingen bei Stücken mit tiefen Leisten, da diese von der Hitze nicht erfaßt werden. Der Preis für 10^6 kcal aus Braunkohlenbriketts ist im Vergleich zu den übrigen Brennstoffpreisen sehr hoch.

Der Nachteil der Trockenvorrichtung älterer Bauart, Abb. 1, die mit Gebläseluft und Koksgrus von nicht zu feiner Körnung betrieben wird, liegt im geringen Luftwechsel, da keine Sekundärluft unmittelbar, ohne Berührung mit dem Koksgrus, in die Form eintreten kann. Der Unkostenanteil für Gebläseluft ist viermal so groß wie die Brennstoffkosten. Für tiefe Formen ist die Vorrichtung nicht geeignet, da die Hitze nicht durchdringt.

Bei der Oehm-Trockenvorrichtung[4]) wird durch die Anwendung von primärer und gleichzeitig sekundärer Druckluft und die dadurch hervorgerufene hohe Temperatur eine scharfe Trocknung bewirkt. Man erreicht deshalb eine verhältnismäßig geringe Trockentiefe und geringe verdampfte Wassermenge. Der spezifische Wärmeaufwand ist infolgedessen zwar verhältnismäßig hoch, der gesamte Wärmeaufwand aber gering. Die Oehm-Vorrichtung bestätigt die auch in der Trockenkammer gemachten Erfahrungen, daß bei scharfer Trocknung die Trockentiefe ziemlich gering ist, weil die schlechte Wärmeleitfähigkeit der getrockneten Schicht die Einwirkung der Heizgase auf die Nässe der tiefer liegenden Schichten hindert. Diese Erscheinung hat sich die Praxis vielfach zunutze gemacht. So trocknet eine rheinische Großgießerei ihre Kokillenformen möglichst scharf bis auf eine Trockentiefe von etwa 3 cm, die auch vollständig ausreicht. Nach dem Vergießen der Kokillenform kommt die Restnässe in Fluß und bildet um den Stand der Kokillen richtige Wasserlachen.

Bei dem neuen Gasbrenner der Gelsenkirchner Bergwerks-A.-G., Abb. 2 und 3, verwendet man billige Gebläseluft an Stelle von Druckluft. Da Aschenstaub oder sonstige Verunreinigungen nicht in die Form gelangen können, kann die Form sofort gießfertig zubereitet und, falls die Vermeidung eines schroffen Temperaturwechsels wünschenswert ist, heiß vergossen werden. Die Trocknungskosten verhalten sich gegenüber denen bei mit Druckluft betriebenen Oehmgeräten wie 1 : 5 bis 1 : 8.

Der Hochofengas-Röhrenbrenner stellt wohl die älteste Bauart eines Gasbrenners für Herdtrocknung dar: Durchlochte Rohre, die mit einem engmaschigen Drahtnetz umwickelt sind, werden zu verschiedenartigen Gerippen miteinander verschraubt. Das Drahtgeflecht soll die Gasgeschwindigkeit soweit vermindern, daß sie der Zündgeschwindigkeit des Gases nahe kommt. Der Röhrenbrenner braucht keine künstliche Verbrennungsluft. Die durchgeführten Versuche sind kennzeichnend für die Wirkung einer langsamen Trocknung. Die Feuchtigkeit scheint beim langsamen Trockenvorgang durch kapillare Wirkung in die trockenen Zonen nachgesogen zu werden. Der Übergang von der Trockenschicht zum nassen Kern ist also allmählich und die ausgetriebene Wassermenge verhältnismäßig hoch. Bezüglich der Trockenkosten ergibt sich für die untersuchten Brenner bei Herdtrocknung folgende Reihenfolge:

1. Gasbrenner, Bauart Gelsenkirchner Bergwerks-A.-G.,
2. Gasröhrenbrenner,
3. Trockenvorrichtung, Bauart Oehm,
4. Kokstrockenvorrichtung älterer Bauart,
5. Trocknung mit Braunkohlenpreßlingen.

Die mit den beweglichen Trockenvorrichtungen vorgenommenen Versuche, deren Ergebnisse in Zahlentafel 3 niedergelegt sind, zeigen, daß die allgemeine Anschauung, wonach der thermische Wirkungsgrad dieser Trockenvorrichtungen wegen der großen Wärmeverluste an die Umgebung viel geringer als bei der Trockenkammer ist, nicht immer zutrifft.

Übereinstimmend mit der Trocknung in der Kammer lehren die Herdtrockenversuche, daß scharfes und schnelles Trocknen sparsames Trocknen bedeutet. [M 2396]

Zahlentafel 3. Zusammenstellung der mittleren Versuchsergebnisse mit verschiedenen Gasbrennern und Trockenvorrichtungen

Trockenvorrichtung	Kokstrockenvorrichtung älterer Bauart	Oehm-Trokkenvorrichtung	Gasbrenner Bauart Gelsenkirchner Bergwerks-A.-G.	Gasröhrenbrenner
Trockenzeit . . . . . . h	1,4	2	2	2,75
Windverbrauch . . . . m^3	444	—	106,9	—
Druckluftverbrauch . . m^3	—	79	—	—
Gasverbrauch . . . . . m^3	—	—	114,9	171,4
Koksgrusverbrauch . . kg	16,5	—	—	—
Eingeführte Wärmemenge . . . . 10^3 kcal	105,5	114,9	111,4	165,9
Ausgetriebene Wassermenge . . . . . . kg	21	15	29	33,4
Wärmemenge für ausgetriebenes Wasser kcal/kg	5150	7715	4643	5980
Wirkungsgrad . . . . vH	12,3	8,13	16,2	12,2

[4]) „Die Gießerei" Bd. 8 (1921) S. 6, Bd. 9 (1922) S. 659.

Erdgasvorkommen in Südfrankreich

In der Nähe des kleinen Ortes Vaux, halbwegs zwischen Lyon und Genf, ist in den letzten Jahren ein Erdgasvorkommen durch mehrere Bohrungen in einer Teufe von etwa 220 m aufgeschlossen worden. Nachdem der Abschluß der ersten, bis ins Keuper gehenden ausbruchartigen Bohrung gelungen war, die in den ersten Tagen 200 000 m^3 Gas in 24 h lieferte, stieg der Druck innerhalb 10 min auf 10 at und wird jetzt auf 14 at gehalten[1]). Auf Grund der günstigen Ergebnisse der ersten Bohrung wurden zwei weitere Bohrungen angesetzt, die den Gashorizont jedoch nur unter geringem Druck antrafen. Das Gas setzt sich in der Hauptsache zusammen aus 80,6 vH CH_4, 11,1 vH andere Kohlenwasserstoffe, 5,1 vH N_2 und 2,8 vH CO_2 bei einem Heizwert von 9500 kcal. Es wird mit einem auf 100 mm Wassersäule verminderten Druck der 9 km entfernten Gasanstalt von Ambérieu sowie einer Glashütte in einer durch Gasschweißung hergestellten Rohrleitung aus nahtlosen Mannesmannrohren zugeführt, die in dem gemeinsamen Teil der Leitung 150 mm Dmr., in den beiden Zweigleitungen 60 mm Dmr. aufweisen. Die Rohre sind außen und innen geteert und mit Asphaltjute umsponnen; das in der Leitung niedergeschlagene Wasser und Öl kann sich in besonders eingebauten Kondenstöpfen abscheiden. Ein Teil des Gases wird in einer Verdichteranlage auf 150 at gebracht und in Stahlflaschen verkauft. Vor der Abgabe an die Gasanstalt oder an die Glashütte werden dem gesamten Gas in einer Absorptionsanlage, die mit aktiver Kohle arbeitet, die kondensierbaren Kohlenwasserstoffe entzogen, wodurch der Heizwert des Gases nur unbedeutend verringert wird. Man erhält hierdurch 30 l Benzin aus je 1000 m^3 Gas.

[N 183] Pr.

[1]) „Le Génie civil" Bd. 110 (1927) S. 99.

RUNDSCHAU

Blick auf das Gelände der Technischen Messe in Leipzig. Im Hintergrunde rechts die Werkzeugmaschinenhalle Nr. 9

Technische Messe Leipzig 1927

Auf der diesjährigen technischen Frühjahrsmesse in Leipzig, die am 6. März eröffnet wurde, spielen neben den Werkzeugmaschinen und der Elektrotechnik, die seit einigen Jahren in eignen großen Hallen gezeigt werden, auch die Kraftmaschinen und die Maschinen für das Bauwesen wohl zum ersten Mal eine ihrer Bedeutung entsprechende Rolle. Diese Ausdehnung des Messebereichs auf neue technische Gebiete und die starke Beteiligung auch von Fabriken aus dem Ausland sind Zeichen der wachsenden Bedeutung der Leipziger technischen Messe, die so auf dem besten Wege scheint, alljährlich die neuesten Erzeugnisse der gesamten deutschen Technik zu vereinigen.

Kraftmaschinen

Von den Kraftmaschinen sind insbesondre die kleineren Ölmaschinen durch fast alle einschlägigen Fabriken vertreten. Die Motorenfabrik Deutz zeigt außer einem stehenden Vierzylindermotor der bekannten Bauart VM von rd. 200 PS, den sie mit sechs Zylindern bei 215 Uml./min auch schon mit einer Leistung von 1000 PS ausgeführt hat, zahlreiche kleinere umsteuerbare und nichtumsteuerbare Motoren liegender und stehender Anordnung, alle ohne Einblaseluftkompressor für Betrieb mit unmittelbarer Einspritzung oder mit Vorkammerzündung. Einen neueren Dreizylindermotor der kompressorlosen Bauart von rd. 150 PS zeigt auch die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Nürnberg, als Beispiel der in Angriff genommenen Reihenfertigung solcher Motoren für Leistungen von 50 bis zu 1200 PS mit acht Zylindern. Merkmale der neuen Bauart sind stählerne Zuganker zur Verbindung von Zylinderblock, Ständer und Grundplatte, ferner selbsttätige Steuerung der Druckluft-Anlaßvorrichtung sowie eine besondere Pumpe für die Zufuhr des Brennstoffes aus einem tiefliegenden Behälter zu den Brennstoffpumpen. Gebr. Körting A.-G. zeigten außer liegenden kompressorlosen Ölmaschinen, die mit Vorkammerzündung arbeiten und die mit vier Zylindern auch schon bis zu 1000 PS ausgeführt wurden, kleinere, liegende und stehende Maschinen, darunter einen stehenden Sechszylindermotor für 1400 Uml./min für Fahrzeugantrieb. Auf dem Stande der Junkers-Motorenbau-G. m. b. H. war u. a. der neue Fahrzeug-Dieselmotor für 1000 Uml./min zu sehen, Abb. 1, dessen Aufbau der bekannten Zweitakt-Doppelkolbenbauart dieser Fabrik entspricht und der rd. 40 PS leistet. Ein Bericht

Abb. 1
Junkers-Fahrzeug-Dieselmotor von 40 PS bei 1000 Uml./min

Abb. 2
Bohr- und Drehwerk von Schieß-Defries. 14 m Länge und 600 mm größter Durchmesser der Spindel

über Untersuchungen von Prof. Nägel an diesem Motor erscheint demnächst in dieser Zeitschrift. Neue Bauarten von kompressorlosen Dieselmotoren waren ferner bei Starke & Hoffmann A.-G. (Zweitakt und Viertakt, stehend) sowie bei Fried. Krupp A.-G. zu sehen, wo außer einem kompressorlosen Vierzylindermotor von 350 PS bei 300 Uml./min ein neuer Fahrzeugmotor von 65 PS bei 1000 Uml./min und 470 kg Gesamtgewicht vorgeführt wurde.

Der Bedeutung der Dampftechnik wurde dagegen diese Ausstellung nicht ganz gerecht, was zum Teil daran liegen mag, daß es ungleich größere Schwierigkeiten bereitet hätte, Dampfanlagen im Betriebe vorzuführen. Außer der neueren leichten Dampflokomobile von R. Wolf A.-G. und einigen Straßenwalzen für Dampfbetrieb waren Dampfmaschinen kaum vorhanden. Dagegen waren Armaturen, Meßgeräte und Zubehör für Dampfkraftanlagen sehr zahlreich vertreten. Erwähnt seien hierzu als Beispiele eine umfassende Ausstellung von Meßgeräten der Firma Schäffer & Budenberg A.-G., eine Sammlung von Schiebern für Wasser und heiße Gase der Vereinigten Armaturengemeinschaft Mannheim, einer Verkaufsgemeinschaft großer deutscher Fabriken sowie eine Vorwärm-Kreiselpumpe von Klein, Schanzlin & Becker A.-G., die mit sechs Druckstufen 250 m³/h hocherhitztes Wasser gegen 48 at fördert. Das Wasser tritt mit 80 bis 100° in die Pumpe ein und wird zwischen der 2. und 3. Druckstufe mit Anzapfdampf gemischt, wobei es

Abb. 3
Motor-Grubenlokomotive der Berliner Maschinenbau-A.-G. vorm. L. Schwartzkopff

sich auf 130 bis 180° erhitzt. Die Stopfbüchsen sind mit besondrer Entlastung und Kühlung versehen, so daß die gewöhnliche Weichpackung trotz der hohen Temperatur genügt. Im Hause der Elektrotechnik führte die AEG ihren neuen Regler für Dampfanlagen an einem neuen Modell vor. Dieser Regler beruht auf einer Verbindung des bekannten Ranarex-Kohlensäurezeigers mit dem Druckregler der Askania-Werke A.-G. Unter den Pumpen waren vielfach solche mit offenen oder mit schraubenförmigen Laufrädern oder mit Gehäusen aus rostsicherm Stahl oder Siliziumguß zu sehen. Solche Pumpen gewinnen für die Zwecke der Bewässerung bei geringen Druckhöhen für das Fördern breiiger oder sonstwie verunreinigter Wässer sowie endlich für das Fördern von Säuren in der chemischen Industrie wachsende Bedeutung.

Metallbearbeitung

Die Halle der Werkzeugmaschinen machte auch in diesem Jahre mit ihren reichbesetzten Ständen einen sehr erfreulichen Eindruck. Gewaltig wirkte wieder der Stand der Firma Schieß-Defries A.-G. mit einem Wagerecht-Bohr- und Drehwerk von 4 m größtem Bohr- und 5,5 m größtem Drehdurchmesser, Abb. 2, dessen Spindel 14 m lang ist und bis 600 mm Dmr. hat. Die Maschine ist vorzugsweise für die Bearbeitung von Turbinengehäusen bestimmt und soll mehrfach bestellt worden sein. Aber auch auf den andern Ständen konnte man bei einem ersten Rundgang durch die Halle erkennen, daß in bezug auf Konstruktion und auf Verbilligung der Fertigung im deutschen Werkzeugmaschinenbau fleißig gearbeitet worden ist. Großer Fortschritt zeigt sich namentlich auf dem Gebiet der selbsttätigen Vielfach-Bearbeitungsmaschinen, wofür sich Beispiele aus dem Gebiete der Drehwerke, der Schleifmaschinen und nicht zuletzt der Automaten nennen ließen. Auf Einzelnes einzugehen muß jedoch einem besonderen Bericht vorbehalten bleiben. Erwähnt sei, daß auch das Gebiet der Holzbearbeitung im Rahmen dieser Ausstellung weitgehend berücksichtigt ist. Beachtenswert scheint hier vor allem, daß man bei Maschinen mit mehreren Werkzeugen vielfach vom Riemenantrieb zum starren Antrieb, sei es durch mehrere Elektromotoren oder durch einen Motor mit Getriebe, übergegangen ist.

In das Gebiet der Metallverarbeitung fallen auch die Ausstellung von Fried. Krupp A.-G., die in der Kuppelhalle viele Anwendungen ihrer rostfreien Stähle für technische und Gebrauchzwecke vorführt, und neue Werkzeuge, darunter ein Spiralbohrer mit innerer Ölkühlung von

Abb. 4
Motor-Straßenwalze der Berliner Maschinenbau-A.-G.

R. Stock & Co. und ein neues Hochleistungs-Werkzeugmetall „Widia“ von Fried. Krupp A.-G., sowie zahllose Anwendungen von Metall und Legierungen bei hauswirtschaftlichen Maschinen und Geräten.

Bauwesen

Besonders reichhaltig ist das Gebiet des Bauwesens auf der diesjährigen technischen Messe vertreten, ein Zeichen dafür, daß sich auch unsre Maschinenindustrie von der langsam fortschreitenden Belebung der Bautätigkeit Erfolge verspricht. Maschinen für die Zwecke des Baues und der Pflege von Straßen waren auf vielen Freiflächen zwischen den Hallen zu sehen. Außer Kleinbahnlokomotiven, Abb. 3, Lokomobilen und Straßenwalzen, Abb. 4, bei denen der Motorantrieb gegenüber dem Dampfbetrieb unverkennbar Fortschritt gemacht hat, wurden auch ganze Anlagen für die Aufbereitung der Straßenbaustoffe vorgeführt. Eine der bemerkenswertesten Anlagen dieser Art zeigte die Firma Jos. Vögele, Mannheim. Die für den Bau von Betonstraßen bestimmte Anlage besteht aus zwei Teilen, einer Beton-Mischanlage mit senkrechtem Becherwerk und Mischtrommel und einem Walzwagen mit mehreren quer zur Straßenrichtung angeordneten für sich einstellbaren Walzen, vor denen ein Abstreifer läuft. Diese beiden Teile sind durch zwei ausziehbar angeordnete Bandförderer so verbunden, daß der Walzwagen, wie üblich, vor- und rückwärts fahren kann, während der Mischwagen stillsteht. Jeder Teil der Maschine wird durch einen besonderen Motor angetrieben.

Auch bei den zahlreich ausgestellten Maschinen für Ziegeleien und Kunststeinplatten-Werke war die Verwendung selbsttätiger Fördermittel, die den Arbeitsgang beschleunigen und den Aufwand an Löhnen verringern sollen, ganz auffallend.

Ein großer Teil der Ausstellung brachte ferner neue Baustoffe und ihre Verwendung für den äußeren und inneren Ausbau von Bauwerken. Besonders umfangreich war hier die Ausstellung von Küchenöfen, bei denen das Gas als Heizmittel eine ausschlaggebende Rolle spielte. Auf dem Gebiet der Zentralheizungen wäre ein neuer Gliederheizkörper aus Schmiedeisen der Mannesmann-Röhrenwerke A.-G., Abb. 5, zu erwähnen, dessen Schenkel aus nahtlosem Rohr mit elliptischem Querschnitt gepreßt sind. Die Enden dieser Schenkel sind durch saubere Schweißung mit geschmiedeten Gewindeköpfen für die Verschraubungen verbunden. Wegen ihrer glatten Außenfläche lassen sich solche Heizkörper sehr sauber und staubsicher lackieren. Sie sollen ferner auch dem Druck beim Einfrieren widerstehen können. [M 252]

Abb. 5
Schmiedeiserne Gliederheizkörper der Mannesmann-Röhrenwerke

Abb. 6
Gesamtansicht des Funkturmes

Baukonstruktionen

Der Berliner Funkturm

Im Westen von Berlin auf dem neuen Messegelände ist der Funkturm entstanden, der schon durch sein Äußeres das Augenmerk auf sich zieht, Abb. 6. Er dient nicht nur als Abspannmast für die Sendeantenne von Witzleben, sondern gleichzeitig mit seinem auf der Turmspitze angebrachten Scheinwerfer des Nachts als Fliegerzeichen. Schließlich bildet eine in rd. 52 m Höhe befindliche, mit allen Bequemlichkeiten ausgestattete Gaststätte einen Anziehungspunkt für Messebesucher sowie die unter der Scheinwerferplattform angeordnete Aussichtsplattform eine Gelegenheit für schaulustige Fremde und Einheimische.

Der rd. 133 m hohe Turm, dessen Grundbauten insgesamt nur eine Fläche von 18 m × 18 m einnehmen, ist nach neuzeitlichen Ansichten von zweckmäßiger Schlichtheit in einem einfachen, weitmaschigen Netzwerk ausgeführt. Als zulässige Beanspruchung des Stahlgerippes aus gewöhnlichem Baustahl ist 1400 kg/cm², für die Trägerlage der Gaststätte und der Aussichtsplattform 1200 kg/cm² festgelegt. Für die Druckstäbe, die fast durchgängig gegen Ausknicken in ihren Abmessungen berechnet werden mußten, ist das ω-Verfahren der Reichsbahn[1]) verwendet worden. Der Winddruck ist mit 150 kg/m² angenommen, wobei für die Standsicherheitsberechnung vom Fuß bis Unterkante Gaststätte, die vom

[1]) Vergl. Vorschriften für Eisenbauwerke, Februar 1925.

Abb. 11 bis 14
Einzelheiten der Eisenkonstruktion unterhalb der Gaststätte

Systemskizze

Rahmenecke bei A

Aufsicht auf die Trägerlage

Einzelheit bei B

Abb. 7 bis 10
Einzelheiten der eisernen Rahmenkonstruktion in der Höhe der Gaststätte

Abb. 15 und 17. Auflager der Turmfüße

Abb. 16. Wagerechtschnitt über dem Auflager

Winde getroffene Stabfläche, darüber aber die volle von den Umrißlinien gebildete Turmfläche eingesetzt worden ist.

Beachtenswerte konstruktive Einzelheiten zeigt die in Abb. 7 bis 10 dargestellte räumliche, schrägliegende Rahmenkonstruktion, die das Turmnetzwerk in zwei Teile gliedert. Sie überbrückt die in zwei Stockwerken in 48 m Höhe angeordneten Räume der Gaststätte mit den darunterliegenden Wirtschaftsräumen. Unterhalb dieser Rahmenkonstruktion ist ein mehrfach unterteiltes Fachwerk angeordnet, das sich aus vier räumlich vergitterten Winkeleisen zusammensetzt, Abb. 11 bis 14. Über der Rahmenkonstruktion befindet sich ein doppeltes Diagonalnetzwerk, das von etwa 80 m Höhe ab aus vollwandigen Profilen besteht.

Die schwierigste Aufgabe bildete die Auflagerung der vier Turmfüße, die gleichzeitig aus funktechnischen Gründen isoliert ausgebildet werden mußten, Abb. 15 bis 17. Die senkrechten Zug- und Druckkräfte sowie die Wagerechtschübe werden durch getrennte Porzellandruckisolatoren aufgenommen und auf die Betonfundamente übertragen.

Während die Gaststätte durch einen zehn Personen fassenden Fahrstuhl und eine bequeme 1,30 m breite Treppe zu erreichen ist, führt zu der Aussichtsplattform nur der Fahrstuhl. Die um den Fahrstuhlschacht hochgeführte schmale Treppe ist bloß bei Fahrstuhlstörungen zu benutzen.

Die eigentliche Turmaufstellung dauerte nur zehn Wochen und wurde mittels zweier Schwenker bewerkstelligt, die an einem 140 m hohen Hilfsmast angebracht waren; dieser stand in der Mittelachse des eigentlichen Turmes. Die Eisenkonstruktion wiegt etwa 400 t, ein Fundament rd. 220 t. Entworfen, geliefert und aufgebaut wurde der eiserne Turm von der Firma Hein, Lehmann & Co., Berlin-Reinickendorf. Architekt war Prof. Stramer, Berlin. [M 2536]

Berlin Dr.-Ing. R. Bernhard

Technische Physik

Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für technische Physik in Düsseldorf 1926

Die Jahresversammlung fand im Rahmen der vorjährigen Naturforscher- und Ärztetagung statt, und zwar in Verbindung mit der Physikalischen Gesellschaft. Da es unmöglich ist, die sehr zahlreichen Vorträge in einem kurzen Bericht zu behandeln, muß auf die ausführlichen Berichte hingewiesen werden, die in der Zeitschrift für technische Physik und in der Physikalischen Zeitschrift erscheinen. Besonders angenehm für die Zuhörenden war es, daß Vorträge aus verwandten Gebieten zu Gruppen zusammengefaßt wurden. So behandelte z. B. ein Tag „Ionen", ein andrer „Metallforschung" usw.

Als erster sprach in der Gruppe

Ionen

W. O. Schumann über elektrischen Durchschlag durch Gase. Er gab einen zusammenfassenden Bericht über die bis jetzt auf diesem Gebiet erschienenen Arbeiten, die unter den folgenden drei Gesichtspunkten dargestellt wurden:

1. Die Verzögerung. Die Frage der Verzögerung ist für die Technik wegen der Verwendung der Funkenstrecke als Meßgerät bei Höchstspannungen sehr wichtig. Die mittlere Verzögerung ist nahezu umgekehrt verhältnisgleich der gesamten äußeren Ionisation der Gasstrecke und der Überspannungen, die als Unterschied der angelegten Spannung und der Funkenspannung gekennzeichnet ist. Die durch kathodische Polarisation erhöhte Zündspannung läßt sich durch Bestrahlung, Glühen usw. beeinflussen.

2. Einfluß des Kathodenstoffes. Die Entladung unter gewöhnlichem Druck läßt sich durch Verwendung verschiedener Stoffe für die Kathoden nicht sicher beeinflussen. Dagegen ist eine Beeinflussung in verdünnten Gasen sicher festgestellt, ebenso bei Verwendung sehr dünner Drähte.

3. Koronaverluste. Beim Einsetzen der Korona bei wachsender Spannung bildet sich um die Kathode eine Raumladung aus, die bis zu einem Höchstwert anwächst. Unter Zugrundelegung der Gesetze für Ionenwanderung gab der Vortragende eine Formel für die Koronaverluste an und behandelte auch den hysteretischen Charakter der Korona bei Wechselspannung.

R. Seeliger brachte einen Beitrag zur Theorie der elektrischen Gasreinigung. Er ging näher ein auf die elektrischen Triebkräfte, die auf suspendierte Teilchen wirken, nämlich die Coulombsche Kraft und

die Gradientkraft. Weiter behandelte er die Beweglichkeit der Staubteilchen in Gasen und die Koronaentladung, die in erster Linie durch die Elektrodengestaltung und nicht durch die Stromdichte im Gas bedingt ist. Die besondere Ausbildung von Sprühelektroden und die Aufladung der einzelnen Teilchen bildeten den Schluß seiner Ausführungen.

Die praktische Durchführung der elektrischen Gasreinigung behandelte W. Deutsch. Ausgehend von den ersten Versuchen des Leipziger Mathematikers Hohlfeld vor etwa hundert Jahren wurden die sich von Jahrzehnt zu Jahrzehnt weiter entwickelnden Verfahren und die immer mehr wachsende Einführung der elektrischen Gasreinigung in die Technik, besonders in Hüttenwerke, anschaulich geschildert[1]).

H. Backhaus und F. Trendelenburg berichteten über die Richtwirkung von Kolbenmembranen. Es wurden Messungen und theoretische Betrachtungen über die Richtwirkungen von Kolbenmembranen (Großlautsprecher, Rieggerscher Blatthaller) für Frequenzen angegeben, deren Wellenlänge klein gegen den Membrandurchmesser ist. Die Wellenform vor der Membran nähert sich in diesem Fall einer ebenen Welle. Als Schallempfänger diente das Rieggersche Kondensatormikrophon.

Um die Meßgenauigkeit bei der Bestimmung von Gastemperaturen zu erhöhen, hat man versucht, den Wärmeverlust, den ein Thermoelement durch Abstrahlung erfährt, einesteils durch Erhöhung des konvektiven Wärmeübergangs an das Thermoelement auszugleichen, andernteils aus einer sekundären Heizquelle zu ersetzen. Über einen neuen Gaspyrometer, bei dem beide Wege vereinigt sind, berichtete H. Schmidt.

In der zweiten Vortragsgruppe,

Metallforschung

sprach W. Jubitz über den Einfluß der Bearbeitung auf die Ausdehnung von Metallen infolge von Erwärmung. Bei Metallen, die dem regulären System angehören, ist ein Einfluß der Bearbeitung nicht feststellbar im Gegensatz zu solchen Metallen, die dem regulären System nicht angehören, wie Zink, Kadmium, Magnesium. Die Ausdehnungszahl steigt bei dem noch nicht vorbehandelten Metall bei der Bearbeitung ziemlich schnell zu einem Höchstwert an und fällt dann wieder ab.

R. Becker behandelte die Theorie der Verformung und der Verfestigung fester Körper. Belastet man z. B. einen Kupferdraht, so beobachtet man zunächst eine rein elastische Dehnung. Bei weiterer Steigerung der Last wird der Draht gereckt, jedoch nur um einen bestimmten Betrag, da er sich gleichzeitig beim Recken verfestigt. Diese höhere Zugfestigkeit läßt sich durch Erhitzen auf die Rekristallisationstemperatur wieder beseitigen. Der Vortragende ging besonders auf die folgenden drei Erscheinungen ein: „Kristalline“ Plastizität, Verfestigung und Rekristallisation, und behandelte am Schluß noch eine zweite Art von Plastizität, nämlich die „amorphe“ Plastizität. Während bei der kristallinen Plastizität das Metall durch Schubspannung nur längs bestimmter kristallographischer Ebenen abgleitet, kommen bei der amorphen Plastizität nur atomare Platzwechselvorgänge in Frage.

Zur Molekulartheorie der Festigkeit und der Verfestigung sprach A. Smekal. Der Vortragende wies zunächst darauf hin, daß wir es beim Einkristall nicht mit einem Idealkristall zu tun haben. Auf eine größere Anzahl im Kristall richtig gelagerter Gitteratome wird immer ein falsch gelagertes entfallen. Diese falsch gelagerten Gitteratome setzen die Zerreißfestigkeit gegenüber dem Idealkristall, bei dem alle Gitteratome richtig liegen, sehr weit herab. Verfestigen wir z. B. durch Druck einen Kristall, so nähern wir uns dem Zustand des Idealkristalls. Es muß deshalb auch zwischen „molekularer“ und „technischer“ Zerreißfestigkeit unterschieden werden. Um die nichtideale Anordnung der Gitteratome zu beweisen, zog der Vortragende zum Vergleich andre Eigenschaften der Kristalle heran, die sich auch durch Verfestigung beeinflussen lassen, wie z. B. das Absorptionsvermögen des Lichtes, die lichtelektrische Leitfähigkeit und andere.

Für die Verwendung der deutschen Einheit der Röntgenstrahlendosis traten H. Behnken und R. Jäger ein. Die von der Deutschen Röntgengesellschaft und der Reichsanstalt vorgeschlagene Einheit „1 Röntgen“ (R) wird der von dem französischen Arzt Solomon definierten, ebenfalls mit „1 Röntgen“ bezeichneten gegenübergestellt. Da die deutsche Definition an kein bestimmtes Meßgerät gebunden ist und nur auf der Ionisierbarkeit der Luft beruht, ist sie der Solomonschen Definition vorzuziehen. Die jetzt erreichbare Meßgenauigkeit von „1 R“ beträgt 1 bis 2 vH.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1324.

Aus dem Gebiete der

elektrischen Schwingungen

sprach I. Zenneck über die Ausbreitung elektrischer Wellen. Die elektrischen Wellen unterliegen bei der Ausbreitung verschiedenen Störungen in der Atmosphäre. Da gleichzeitig zum Empfangsort Strahlen auf verschiedenen Wegen vom Sender gelangen, treten Intensitätsschwankungen durch Überlagerung usw. ein (Fadingeffekt). Der Vortragende machte Vorschläge, wie sich diese Intensitätsschwankungen vermeiden lassen könnten, und gab ferner Erklärungen für die verschiedene Ausbreitung der langen und der kurzen Wellen und der Unterschiede zwischen Tag- und Nachtausbreitung.

A. Meißner berichtete über das Verhalten piezoelektrischer Kristalle bei Hochfrequenz. Zunächst wies er auf die Wichtigkeit der piezoelektrischen Eigenschaften der Quarzkristalle für den Rundfunk hin (Wellenkontrolle, Einwellenrundfunk). Dann zeigte er eine neuartige Erscheinung, die bei der Untersuchung der hochfrequent erregten Quarzkristalle auftritt. Diese ist einerseits auf einen rein akustischen Vorgang und anderseits auf eine kristalline Anomalie in Richtung der optischen Achse zurückzuführen. Es zeigt sich nämlich, daß in der Umgebung des erregten Kristalls eine kräftige Luftströmung infolge der longitudinalen Schwingungen des Kristalls auftritt.

[N 2602] H. Simon

Zur Theorie der Strömung um feste Körper

Alle bisherigen Versuche, den Widerstand von Körpern, die in einer Flüssigkeit bewegt werden, zu bestimmen, beruhen auf Annahmen, die wohl dem mathematischen Ansatz dienlich sind, aber mit den wirklichen physikalischen Vorgängen nur unvollkommen übereinstimmen. Die abbildungstheoretische Untersuchung wird sehr erleichtert, wenn man nach der Strahltheorie (Helmholtz, Kirchhoff, Lord Rayleigh) voraussetzt, daß die Geschwindigkeit längs der von dem Hindernis ausgehenden freien Strahlen der Parallelstromgeschwindigkeit im Unendlichen gleichkommt. Die mangelnde Übereinstimmung mit der Erfahrung zeigt sich zunächst am Strömungsbilde selbst (die freien Strahlen gehen im Unendlichen allmählich in die Parallelstrahlen über), ferner aber an den Werten des resultierenden Widerstandes, die wesentlich zu klein ausfallen.

Im Gegensatz zu dieser Annahme führt nun Scholler in einer jüngst erschienenen Abhandlung[1]) eine bemerkenswerte Betrachtung ein, die den wirklichen Vorgängen in weitgehendem Maße Rechnung trägt. Indem er die Diskontinuität bestehen läßt, nimmt er an, daß die beiden längs derselben getrennten Strombereiche I und II sich durch verschiedene Energiewerte (oder Bernoullische Gleichungskonstanten) unterscheiden, so daß die Geschwindigkeit v_1 längs der Diskontinuität um einen geringen Betrag größer ausfällt als die Geschwindigkeit v_0 der ungestörten Parallelströmung. Dieses Energiegefälle führt nun in der Tat zwangläufig zu einem Ausgleich zwischen beiden Strombereichen, wie er durch die Erfahrung bestätigt wird.

Zunächst ergibt sich, daß die beiden Bereiche nicht mehr wie im Helmholtzschen Fall bis ins Unendliche nebeneinander verlaufen können, daß vielmehr die Diskontinuitätslinien hinter dem umströmten Körper zusammenstreben und in der Stromschleppe des Körpers enden müssen.

Der Ausgleich selbst geschieht in ganz ähnlicher Weise wie zwischen zwei durch ein Stauwehr getrennten Wasserbereichen verschiedener Spiegelhöhen durch Vermittlung von undichten Stellen unterhalb des Wehres. Wie hier kleine Flüssigkeitstrahlen in den Bereich mit niedrigerem Spiegel eintreten, dafür an der Oberfläche des andern Bereiches trichterförmige Strudel entstehen, so kann man annehmen, daß die Flüssigkeit in einem dem Bereich I angehörenden System von Wirbelsenken (Spiralwirbeln) verschwindet und in gleicher Menge aus Quellen im Bereich II wieder auftritt.

Wegen der Überlagerung beider Bereiche während des Ausgleichvorganges ist es vorteilhaft, zwei entsprechende Betrachtungsebenen nach Art der Riemannschen Ebenen einzuführen und ihren Abstand etwa so zu wählen, daß er dem Unterschied der Bernoullischen Konstanten entspricht.

[1]) K. Scholler, Beiträge zur Mechanik der freien Flüssigkeiten, Dinglers Polytechn. Journal Bd. 341 (1926) S. 189.

Der wirkliche, nicht stationäre Stromverlauf besteht darin, daß längs der hinteren Begrenzung des Körpers, von einer kürzeren Grenzzone abgesehen, an Stelle der realen und ortfesten Wirbelsenken und Quellen eine Reihe von Wälzwirbeln auftritt, die stetig wachsen, indem sie Stromfäden von I in sich aufnehmen und so die umgebende Flüssigkeit von II verdrängen und mit ihr abschwimmen.

Die Anwendung dieser Theorie der Wirbelentstehung auf die zur Stromrichtung quergestellte Platte führt auf Grund einer eingehenden Energiebetrachtung zu dem bemerkenswerten Ergebnis, daß die von der Rückseite einer in ruhender Flüssigkeit geschleppten quergestellten Platte geleistete Arbeit die Wirbelstraße nur translatorisch beschleunigt, während die von der Vorderseite in der Ebene I geleistete Arbeit zur Wirbelbeschleunigung verwandt wird. Ferner verbürgt das von Scholler berechnete und mit den Lafayschen Messungen übereinstimmende Verhältnis $n = \frac{c_0}{c_1} = 1{,}08$ der Geschwindigkeiten, eine befriedigende Widerstandsbestimmung. Den Abschluß bilden einige beachtenswerte Bemerkungen zum Ähnlichkeitssatz oder zur Abhängigkeit von der sog. Reynoldsschen Zähigkeitszahl.

Zusammenfassend muß zugegeben werden, daß in der Schollerschen Abhandlung eine Fülle neuer Gedanken verarbeitet ist, die wohl die Grundlage für eine Verbesserung der bisherigen hydrodynamischen Theorie, insbesondere der Widerstandsberechnung, abgeben könnten. Hoffentlich gelingt es Scholler, die angekündigte Ergänzung folgen zu lassen, nämlich die Ausarbeitung zeichnerischer Verfahren, durch die es auch dem nicht vornehmlich mathematisch geschulten Praktiker möglich sein wird, für einen gegebenen Umriß das wirkliche Strömungsbild und damit die Kräfteverhältnisse synthetisch zu finden. [N 2498]

Hannover Wilhelm Müller

Berichtigung

Die thermische Speisewasseraufbereitung

In dem Aufsatz von R. Blaum in Z. Nr. 9 vom 26. Februar 1927 muß es auf S. 289, letzter Absatz, 5. Zeile von unten heißen: bei allen chemisch gereinigten und dann entlüfteten Wassern spaltet sich bei höheren Drücken die überschüssig zugesetzte Soda in Kohlensäure und Ätznatron, die im Kessel wieder Anfressungen hervorrufen. [N 255]

Kleine Mitteilungen

Die Leistung amerikanischer Lokomotiven in Pferdestärken

hat 4000 PS_i bereits weit überschritten. Im vorigen Jahre stellten die Baldwin-Werke ihre 60 000ste Lokomotive gelegentlich der Eisenbahntagung in Atlantic City aus: eine 2 E1-Hochdruck-Verbundlokomotive (24,5 at Überdruck) von 7,66 m² Rostfläche und 608 m² gesamter Heizfläche[1]).

Bei Versuchen in der Prüfanlage der Pennsylvania-Bahn in Altoona erzeugte der Kessel 38 500 kg/h Dampf bei Verbrennung von 5 400 kg Kohlen, d. h. also bei 7,15facher Verdampfung. Bei zwei Versuchen erzielte man als Zylinderleistung 4500 PS_i, wobei die Grenze der Leistungsfähigkeit der Versuchsanlage erreicht war.

Für den Geschwindigkeitsbereich von 24 bis 60 km/h und Hochdruckfüllungen von 50 bis 80 vH schwankte der spezifische Dampfverbrauch nur zwischen 6,4 und 7,04 kg/PS_ih. Dagegen ging der Wirkungsgrad des Kessels bei Erhöhung der stündlichen Dampferzeugung von 13 600 auf 38 500 kg von 70 auf 52 vH zurück. [N 146 a] M.

Amerikanische Kraftfahrzeugstatistik

Ende 1926 waren in den Vereinigten Staaten insgesamt 22 046 957 Kraftfahrzeuge zum Verkehr zugelassen, davon 2 839 149 Lastkraftwagen. In nicht weniger als sieben Staaten der Union hat der Bestand an Kraftfahrzeugen bereits 1 Million überschritten. Im Mittel entfällt auf je 5,4 Einwohner ein Kraftfahrzeug. Den größten Bestand im Verhältnis zur Einwohnerzahl weist mit 2,7 Einwohnern auf ein Kraftfahrzeug der Staat Kansas auf. Als Gesamtzahl der Kraftwagen der ganzen Welt werden rd. 27,5 Mill. angegeben.

(„Automotive Industries“ 19. Februar 1927 S. 217/309 *) [N 253 b] H.

Dieselelektrische Schlepper für den Panamakanal

Der dieselelektrische Antrieb führt sich in Amerika auf Schleppschiffen immer mehr ein, weil er neben der guten Manövrierfähigkeit der Schiffe, deren Maschinenanlagen von der Brücke aus betätigt werden, den Vorteil hat, daß die Leistung der Maschinenanlage sowohl bei freier Fahrt als auch beim Schleppen voll ausgenutzt wird. Unter den neuerdings in Auftrag gegebenen dieselelektrisch angetriebenen Schleppern befinden sich zwei große Fahrzeuge für die Verwaltung des Panamakanals, die ersten dieser Art, die im Panamakanal benutzt werden. Die Fahrzeuge sind etwa 45 m lang. Ihre Maschinenanlage besteht aus je zwei sechszylindrigen Dieselmaschinen von 480 PS_e. Die Dieselmotoren treiben je einen 330 kW-Gleichstromerzeuger mit 257 Uml./min und eine ebenfalls unmittelbar gekuppelte Hilfsdynamo von 50 kW. Die Hilfsdynamo liefert den Erregerstrom für die Hauptdynamo und für den Antriebmotor des Schiffes sowie Strom für Hilfsmaschinen und Beleuchtung. Der Nebenschluß-Gleichstrommotor für den unmittelbaren Schraubenantrieb leistet 750 PS bei 150 Uml./min. An elektrisch angetriebenen Hilfsmaschinen sind vorhanden: Ruderanlage, ein Luftverdichter, eine Feuerlöschpumpe, eine Treibölpumpe und zwei Bergungspumpen. Eines der Fahrzeuge soll zum Bugsieren am pazifischen Ende des Kanals dienen, und das andere wird im Baggerbetrieb der Kanalverwaltung benutzt werden. („Shipping and Engineering“ 17. Januar 1927 S. 20) C. [N 253 c]

Neues Wasserkraftwerk am Susquehanna-Fluß

In Conowingo, Maryland, wird jetzt ein Wasserkraftwerk gebaut, das 600 000 PS liefern soll. Der Staudamm ist bis zur Mitte des Flusses fertiggestellt, und ebenso sind die Gründungsarbeiten für das Krafthaus eingeleitet worden. Der Bau wurde Mitte 1926 begonnen und soll im Laufe des Jahres 1928 fertiggestellt werden. Zunächst werden 7 Francisturbinen mit senkrechter Welle eingebaut, die je mit einem Stromerzeuger von 40 000 kVA Leistung gekuppelt sind. Trotz der geringen Gefällhöhe von höchstens 27 m soll jede Turbine 54 000 PS bei 81,8 Uml./min leisten. Das Laufrad der Turbine wiegt 81 t und hat mehr als 5 m Durchmesser. Der Durchmesser des Absperrventils vor der Turbine ist mit rd. 8 m um rd. 1 m größer als bei den 70 000 PS-Turbinen am Niagarafall. Der statische Druck beträgt fast 1 400 000 kg. („Power“ 22. Februar 1927 S. 284*) [N 253 d] Bb.

Beförderung eines Schleusentores von Rotterdam nach Ymuiden

Das größte Schleusentor der Welt, vor kurzem in Rotterdam fertiggestellt, wurde von drei starken Seeschleppern durch die Maas, über Hoek van Holland und die Nordsee nach seinem Bestimmungsort geschleppt. Infolge der gewaltigen Abmessungen (53,5, 20,1, 8,4 m) und der eigenartigen Form war die Beförderung besonders schwierig. Damit man das flachliegende Tor schleppen konnte, wurden an der schweren unteren Seite zwei Luftbehälter mit je 100 m³ Inhalt angebracht, während der Inhalt des Luftraumes in dem 1200 t schweren Tor 14 000 m³ betrug. Die Schleppkabel wurden an einer besonders hierzu angebrachten Verschalung befestigt. Der mittlere Tiefgang des Tores betrug rd. 6 m. Die Fahrt dauerte bei ruhigem Wetter 25 h. [N 253 e] J. T.

Herstellung einer ungewöhnlich großen Kokille

In den Anlagen der Bethlehem Steel Co., Bethlehem, Pa., ist eine ungewöhnlich große Kokille hergestellt worden, die man zur Anfertigung der Rohlinge für große Schmiedestücke verwendet. Das Gußstück der Kokille wog 176 t, nach dem Reinigen und Entfernen der verlorenen Köpfe 173 t. Der Querschnitt der 4,72 m langen Kokille ist außen wellenförmig umrissen, während der innere Umriß aus spitz aneinanderstoßenden Kreisbogen besteht; der größte innere Durchmesser beträgt 2,74 m. Die in der Kokille gegossenen Rohlinge wiegen einschließlich des verlorenen Kopfes 225 t. („The Iron Age“ 17. Februar 1927 S. 497*) Gw.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1331.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Verwertung von Abfall- und Überschußenergie. Von de Grahl. Berlin 1926, VDI-Verlag. 305 S. m. 290 Abb. Preis 22 *M*.

Das Werk ist in zwei Abschnitte, Stoffwirtschaft und Dampfwirtschaft, geteilt. In seiner Einleitung wird die gegenwärtige Lage der Stein- und Braunkohlenwirtschaft und deren Preisgestaltung geschildert. Im Abschnitt Stoffwirtschaft werden zunächst die Energievorräte erwähnt und hierauf die Vorgänge geschildert, bei denen Abfallbrennstoffe entstehen, unter Angabe der Mittel für ihre Verwertung, wobei auf das Mischen, Verbrennen, Trocknen, Brikettieren, Vermahlen, insbesondere auf das Vergasen und Verschwelen und auf die hierfür erforderlichen Einrichtungen eingegangen wird und ergänzend die Verfahren zur Erzeugung flüssiger Brennstoffe und deren Vorzüge kurz gestreift werden. Den anfallenden Überschußenergien in Kokereien, Hüttenwerken, Gaswerken sowie von Öfen und Gaserzeugern in Schmieden, in keramischen, Zement- und Glasfabriken sowie in Brikettfabriken ist ein besonderes Kapitel zugeteilt. Am Schluß des ersten Teiles ist eine Kennzeichnung der Abwärmeverwerter gegeben, in der die Abhitzekessel für die Gewinnung von warmem Wasser, von heißer Luft und von Dampf sowie die Abwärmeverwertung bei Verbrennungskraftmaschinen behandelt werden.

Der Teil Dampfwirtschaft wird durch Fortschritte im Kraftmaschinenbau eingeleitet, worauf die Verwertung der Abwärme und des Abdampfes von Kolbenmaschinen und Turbinen sowie insonderheit die Ausnutzung der Abwärme im Lokomotivbetriebe behandelt wird. Anschließend folgen Wärmespeicher, deren Einteilung und Anwendungsmöglichkeiten in Kraft- und Heizbetrieben; der Verwertung von Abdampf in Verdampfer- und Eindampfanlagen ist ebenfalls gedacht, wobei auch auf die Wärmepumpe eingegangen ist. Das Kapitel über Zusammenarbeiten städtischer Betriebe ist besonders beachtenswert, es bringt Wissenswertes über Städteheizung, Badeanstalten, bauliche Ausführung von Fernheizanlagen. Die Fortleitung der Wärme in der Form von Gas, Dampf und Warmwasser wird im letzten Kapitel behandelt; es enthält Zahlentafeln und Schaulinien über Druck- und Wärmeverluste sowie Hinweise auf die wirtschaftlichen Isolierstärken und die Aufspeicherung von Wärme in der isolierten Rohrleitung.

Druck, Abbildungen, Zahlentafeln und Schaulinien sind deutlich. Verfasser und Verlag haben Gutes geleistet. Studierende und Werkleiter erhalten durch das Werk den nötigen Überblick über das Wesen der Abfall- und Überschußenergien und deren Verwertung mittels erprobter Betriebseinrichtungen; das Buch wird aber auch dem Fachmann willkommen sein. [E 104] Lind

Selbstkostenrechnung in Walzwerken und Hütten. Von J. M. Hermann und P. van Aubel. Leipzig 1926, G. A. Gloeckner. 112 S. Preis 9 *M*.

Die Doppelschrift befaßt sich mit der wichtigsten Angelegenheit, die die Verwaltung eines Hüttenunternehmens kennt, der Prüfung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Betriebzweige an der Hand einer sachgemäß aufgebauten Nachkalkulation, in diesem Fall der Selbstkostenrechnung. Eine brauchbare Hüttenwerk-Selbstkostenrechnung muß klar die Betriebsverhältnisse durchdringen und dem Betriebsleiter ohne Umwege zu erkennen geben, wo die Ursachen unbefriedigender Ergebnisse zu suchen sind; sie soll auch durch ihren Aufbau den Vergleich mit den Ergebnissen andrer Werke zulassen. Diese Aufgabe, die man bisher wenig einheitlich betrieben hat, ist infolge der neueren bedeutsamen Entwicklung der Schwerindustrie und dem Wettkampf der Werke auf dem Weltmarkt besonders wichtig geworden.

Im ersten Teil der Arbeit werden Kostenrechnungen einiger bestehender Walzwerke wiedergegeben und kritisch beleuchtet. Die Begriffe der veränderlichen und der festen Kosten werden eingeführt, und in Verbindung damit wird gezeigt, was eine gute Selbstkostenberechnung ersehen lassen muß (Einfluß einzelner Störungen auf den Erzeugungsvorgang und dergleichen). Wertvoll sind die beigegebenen Mustervordrucke und Schaubilder.

Der zweite Teil befaßt sich mit der Selbstkostenberechnung vom Standpunkte der Vergleichbarkeit der Werke miteinander. Die Zwecke des Hüttenselbstkostenwesens gliedert der Verfasser in Dauerzwecke (für Bilanzen, Nachprüfung der Betriebsgebarung, Verfahrensvergleiche, Ermittlung von Betriebspreisen) und zeitweilige Zwecke (Ermittlung der günstigsten Art der Beschäftigung usw.). Der gemeinsame Bestandteil aller Arten von Hüttenselbstkosten ist die Mengenrechnung, da man Mengenzahlen leicht vergleichen und beurteilen kann. Die Frage der Verrechnungsweise der Kostengliederung und der Verteilschlüssel führt zur Auswertung der Kontrollselbstkosten. Schließlich gibt der Verfasser ein Arbeitsprogramm für eine Zentralstelle, wo die Rechnungsergebnisse mehrerer Werke zusammenlaufen und ausgewertet werden. Auch hier sind graphische Darstellungen und Mustervordrucke beigegeben.

An den Technischen Hochschulen werden wirtschaftliche Betriebsführung und ihre Wichtigkeit für den Betriebsaufschwung noch nicht voll gewürdigt. Dagegen haben die Handelshochschulen durch gründliche Behandlung der Frage der Wirtschaftlichkeit und der Selbstkosten Klarheit in die Verfahren zur Ermittlung und Nachprüfung dieser Werte in industriellen Betrieben gebracht. Auch die Technische Hochschule müßte dem Nachwuchs dieses für die Praxis nötige Rüstzeug mitgeben, ähnlich wie sie es auf rein wissenschaftlichen Gebieten tut; denn die Erkenntnis und Berücksichtigung der betriebstechnisch-wirtschaftlichen Vorgänge und der Selbstkosten sind von grundlegender Bedeutung für das Gedeihen eines Unternehmens. Allerdings kann man die volle Einsicht in diese Fragen erst in der Praxis erwerben. In dieser Hinsicht sind die Bestrebungen des Vereins deutscher Eisenhüttenleute wertvoll, die Betriebswirtschaft als Wissenschaft zu entwickeln und Stellen zu schaffen, wo junge Ingenieure in praktischen, auf Wirtschaftlichkeit gerichteten Betrieben untergebracht werden können. [E 54] Koppenberg

Das Formen und Gießen von Metallen, Eisen und Stahl. Von Max Escher. Stuttgart 1926, Dieck & Co. 400 S. m. 519 Abb. Preis 7,70 *M*.

Der Verfasser hat das Buch, wie er sagt, für Lehrlinge, Former, Schmelzer, Meister, Betriebsleiter, Praktikanten und für solche Nichtfachleute geschrieben, die mit der Gießerei in Berührung kommen. Sie alle sollen sich durch das Studium des Buches die Kenntnisse erwerben, die sie zu ihrer fachlichen Weiterbildung und ihrem beruflichen Aufstieg brauchen.

Es mag bezweifelt werden, ob es überhaupt möglich ist, ein wissenschaftliches Buch zu verfassen, das diese Aufgabe tatsächlich erfüllt, besonders, wenn man die geringen physikalischen und chemischen Vorkenntnisse bedenkt, die in den Kreisen, an die sich das Buch wendet, vorhanden zu sein pflegen. Auch läßt sich darüber streiten, ob dabei ein Eingehen auf die Metallographie mit Haltepunktschaubildern, Eisen-Kohlenstoff-Diagramm usw. am Platz ist.

Nach einer geschichtlichen Übersicht werden die Metalle und Legierungen des Maschinenbaues, das Eisen, die Brennstoffe, die feuerfesten Stoffe, die Formstoffe in gedrängter Form behandelt; den größten Teil des Buches bilden die Abschnitte über das Formen, das Schmelzen und das Gießen. Hier hat der Verfasser aus dem großen Schatze seiner praktischen Erfahrungen schöpfen können; diese Kapitel bilden daher den wertvollsten Teil des Buches. Es folgen noch Kapitel über Putzen und Gießereianlagen. Zahlentafeln, Quellen- und Sachverzeichnis sind angefügt.

Die Abschnitte des Buches, die sich mit der eigentlichen Gießereipraxis beschäftigen, verdienen Beachtung auch in Fachkreisen. Leider ist die Ausstattung des Buches mit Abbildungen nicht so, wie man es heute bei technischen Werken gewohnt ist und verlangen muß. Namentlich stören die vielen Katalogbilder, die scheinbar unmittelbar mit den Druckstöcken der Firmen gedruckt wurden, wohl um an Kosten zu sparen. [E 53] Lohse

Der neue Oberbau der Deutschen Reichsbahn und der Oberbau der Gruppe Preußen. Von Gustav Wulfert. Breslau 1926, Selbstverlag des Verfassers. Schließfach 90. 287 S. m. zahlr. Abb. Preis 6,50 *M*.

Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, den Eisenbahnoberbau der Deutschen Reichsbahn und der Gruppe Preußen in konstruktiver und stofftechnischer Hinsicht auf Grund amtlicher Unterlagen so darzustellen, daß die auf die Kenntnis des Oberbaues angewiesenen Kreise sich leicht und umfassend über die außerordentlich zahlreichen Bauarten und Einzelteile unterrichten können. Zunächst werden die einzelnen Oberbaustoffe beschrieben; Zeichnungen und Tafeln der Schienen, Schwellen, Laschen, Platten, Klemmplatten, Schrauben und sonstiger Teile umfassen 85 Seiten. In einem zweiten Abschnitt werden die Oberbauformen behandelt und auf etwa 100 Seiten Zeichnungen

und Stofflisten gebracht. Ein dritter Abschnitt ist dem Gleisbau gewidmet, und zwar werden die allgemeinen Vorschriften, ferner die Herstellung und Unterhaltung des Gleises behandelt. Auch hier sind ergänzende Tafeln beigegeben. Den Schluß bildet ein lesenswerter Abschnitt über neue Wege im Oberbauwesen und besondere Angaben über den Oberbau der Anschluß- und Werkgleise, der den zahlreichen Anschlußinhabern Auskunft über die maßgebenden Gesichtspunkte und Bestimmungen gibt. Der Reichsbahnoberbau ist bis zum Mai 1926 berücksichtigt. Das Buch wird allen, die in dem Wirrsal des Eisenbahnoberbaues Rat suchen müssen, zweifellos ein guter Wegweser sein.
[E 48] Bu.

Nauticus. Jahrbuch für Seeinteressen und Weltwirtschaft. 18. Jg. Herausgeg. von Fregatten-Kapitän a. D. Scheibe. Berlin 1926, E. S. Mittler & Sohn. 400 S. Preis 18 *M*.

Das durch seine statistischen Zusammenstellungen als wertvoll bekannte Jahrbuch enthält in den ersten vier Teilen, die die Wirtschaftspolitik, die See-, Binnen- und Luftschiffahrt, die Militärpolitik und die Schiffbautechnik behandeln, eine große Anzahl lesenswerter Beiträge von hervorragenden Fachleuten. Besonders beachtenswert dürfte zur Zeit der Beitrag von Dr. Karl Hoffmann „Wirtschaftspolitik und Machtpolitik" sein, der vor dem englischen Bergarbeiterstreik geschrieben ist und das Ringen der Weltmächte um Öl, Kohle und Erz behandelt. Auch die übrigen Beiträge im wirtschaftlich-politischen Teil klären Zusammenhänge auf, die in den Veröffentlichungen der Tageszeitungen wenig zum Ausdruck kommen. Alles in allem ist auch dieser Jahrgang des Nauticus geeignet, das „Denken in Erdteilen" in weite Volkskreise zu tragen.
[E 78] W. Schm.

Technisches Wörterbuch. Von Samuel Révész. 1. Bd.: Ungarisch-deutsch. 328 S.; 2. Bd.: Deutsch-ungarisch. 350 S. Budapest 1926, Mano Dick. Preis 40 *M*.

Schon seit Jahren ist man in Ungarn bemüht, sich in der Fachsprache aller Gebiete von dem Gebrauch der bis zum Weltkriege vorwiegend angewandten deutschen Sprache freizumachen. Die Voraussetzung hierfür ist die Sammlung der in der Fachliteratur und im täglichen Verkehr gebräuchlichen Fachausdrücke.

Dieser Aufgabe hat sich Révész in einer sehr fleißigen Arbeit mit bestem Erfolg unterzogen. Nur wer die Schwierigkeiten sorgfältiger Wörterbucharbeiten kennt, kann den Mut einschätzen, der den Verfasser bei Inangriffnahme seiner Arbeit beseelt hat. Denn Ungarn ist ein verhältnismäßig kleines Industrieland mit im allgemeinen von andern Ländern entwickelter Technik. Entsprechend unentwickelt oder wenig vertieft ist auch seine Fachsprache, in der es an genauen, allen Entwicklungsstufen der Technik gerecht werdenden Ausdrücken fehlt. Révész hat geschickt eine Sammlung der notwendigsten Fachausdrücke der ungarischen Sprache den deutschen gegenübergestellt. Hierbei wird er dem Begriffsinhalt des einzelnen Ausdruckes gerecht, d. h. er hat sinngemäß „übertragen". Und darin liegt der Hauptwert seiner Arbeit.
[E 77] Schlomann

Proceedings of the optical Convention 1926. London 1926, The Optical Convention. 1. T.: 491 S. m. zahlr. Abb. 2. T.: 559 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 £.

Im Jahre 1912 fand die vorletzte optische Tagung in England statt, die letzte wurde im April vorigen Jahres im Imperial College of Science and Technology, South Kensington, London, abgehalten. Der Bericht über die gehaltenen Vorträge (es waren nahezu hundert) liegt jetzt vor. Behandelt wurden rein wissenschaftliche und praktische Fragen auf dem Gebiete der Optik und den zahlreichen Gebieten, auf denen optische Geräte und Verfahren verwendet werden (Photographie, Kinematographie, Photometrie, Farbenmessung, Textilindustrie, Meßtechnik, Augenheilkunde, Landvermessung, Astronomie, Nautik usw.).

The Optical Convention 1926. **Catalogue of optical and general scientific instruments.** London 1926, The Optical Convention. 326 S. m. zahlr. Abb. Preis 6 sh.

Das Alter der Erde nach dem Abkühlungsprozeß. Von Ottomar Schmiedel. Berlin 1927, Ferdinand Dümmlers Verlag. 70 S. m. 12 Abb. Preis 4 *M*.

Mit der Annahme, daß das Sonnensystem aus einem Urnebel durch Abkühlung und Verdichtung entstanden ist, wird die Frage nach dem Alter der Erde eine Aufgabe der Wärmelehre, die bereits William Thomson zu lösen versucht hat. Er kam jedoch zu einem unwahrscheinlich kleinen Ergebnis. Schmiedel hat die Rechnung in eingehenderer Form durchgeführt und kommt zu Ergebnissen, die der Größenordnung nach mit den aus andern Untersuchungen gewonnenen befriedigend übereinstimmen. Außerdem macht er einige Aussagen über das Mindestalter der Erdrinde und der Meere, über die heutige Verteilung der Höchsttemperatur und die Größe des Erdhalbmessers zu verschiedenen Zeiten.

Erden — Nullen — Schutzschalten. Herausgeg. von E. Besag, Karlsruhe/B. 1926/27, G. Braun. 58 S. m. Abb.

Die Schrift enthält Gutachten, Vorträge, Versuchsberichte u. dergl. über diesen Gegenstand, allerdings mit besonderer Bezugnahme auf Erzeugnisse einer einzelnen Firma.

Der Talsperrenbau. Von P. Ziegler. 3. Aufl. 2. Bd., C.: Die Berechnung massiver Talsperren. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 302 S. m. 406 Abb. Preis 32 *M*.

Zur Sicherheit des Dampfkesselbetriebes. Herausgeg. von der Vereinigung der Großdampfkesselbesitzer, e. V. Berlin 1927, Julius Springer. 189 S. m. 311 Abb. Preis 28,50 *M*.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens 290. H.: **Umlenkung eines freien Flüssigkeitsstrahles an einer senkrecht zur Strömungsrichtung stehenden ebenen Platte.** Von Friedrich Reich. Berlin 1927, VDI-Verlag. 74 S. m. 89 Abb. Preis 8 *M*. (Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 261.

Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen 4. Bd.: **Die Grundlagen der Wärmeübertragung.** Von Friedrich Merkel. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 234 S. m. 88 Abb. Preis 15 *M*.

Teubners Technische Leitfäden 24. Bd.: **Die elektrischen Maschinen.** Von M. Lischwitz. Leipzig und Berlin 1926, B. G. Teubner. 336 S. m. 284 Abb. Preis 14 *M*.

Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung. Bearb. u. herausgeg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 19 S. Preis 1 *M*.

Leitfaden für Azetylenschweißer. Von Th. Kautny. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. 251 S. m. 202 Abb. Preis 4 *M*.

Handbuch der Zementwaren- und Kunststeinindustrie. Von E. Probst. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. 865 S. m. 270 Abb. u. 154 Taf. u. Tab. Preis 24,50 *M*.

Zement und Gips. Von Oskar Schmidt und Otto Hähnle. Stuttgart 1927, Konrad Wittwer. 38 S. m. 6 Abb. Preis 2 *M*.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 26. MÄRZ 1927 NR. 13

Der Dieselmotor als Kraftfahrzeugmaschine

Von Prof. Dr.-Ing. A. Nägel, Dresden

(Schluß von Z. Bd. 70 (1926) S. 1439)

Junkers-Fahrzeugölmotor von 45 PS_e bei 1000 Uml./min, eingebaut in einen älteren Lastwagen

Der Junkers-Fahrzeugmotor

Der Junkers-Fahrzeugmotor ist als Zweizylinder-Doppelkolbenmotor ausgeführt. Im vorliegenden Falle zwingen weder die Rücksicht auf die Einschränkung der Massenkräfte noch die Sorge um die hinreichende Gleichmäßigkeit des Drehmomentenverlaufs dazu, von der Zweizylinderbauart abzuweichen. Beim Doppelkolbenmotor ist der Verlauf der Drehmomente bei Zweizylinderanordnung grundsätzlich derselbe wie beim Vierzylinder-Viertaktmotor. Die Massenkräfte erster Ordnung werden durch die geeignete Bemessung der Gewichte des unteren und des oberen Kolbens für jeden einzelnen Zylinder des Junkersmotors schon weitgehend ausgeglichen. Die Massenkräfte zweiter Ordnung, soweit sie von den oberen Kolben herrühren, sind durch die große Länge der Pleuelstange außerordentlich herabgesetzt, so daß in der Tat der ins Fahrzeug eingebaute Junkers-Motor keineswegs durch die von ihm ausgehende Rahmenbeanspruchung gegenüber den normalen Viertaktmotoren auffällt; es ist sogar anzunehmen, daß eine genaue Durchrechnung des Triebwerks die Überlegenheit des Junkers-Fahrzeugmotors hinsichtlich des Massenausgleichs ergibt. Die Beschränkung auf die Zweizylinderanordnung bedeutet durch die entsprechende Verminderung aller Rohranschlüsse, Düsen, Brennstoffpumpen usw. gerade für den Fahrzeugbetrieb einen bemerkenswerten Vorteil.

Dieser Vorteil tritt jedoch zurück gegenüber den folgenden grundsätzlichen Erwägungen, durch die der Entschluß zur Ausbildung des Junkers-Fahrzeugmotors unterstützt und geradezu herausgefordert wurde. Die ersten Überlegungen gingen vom Platzbedarf des Motors aus, der für das Kraftfahrzeug von immer wachsender Bedeutung werden wird. Es ist ersichtlich, daß der Vergleich zwischen einem Einzylinder-Doppelkolbenmotor und einem Zweizylinder-Einkolbenmotor, der ihm hinsichtlich der Drehzahl, des Zylinderdurchmessers, der Kolbengeschwindigkeit und des Verlaufes der Drehmomente gleichwertig ist, zu einem gleichläufigen Kolbenpaar führt, Abb. 20 u. 21. Arbeitet dieses Zylinderpaar, wie üblich, im Viertakt, so würde der Doppelkolbenzylinder die doppelte Leistung des Einkolben-Zweizylindermotors entwickeln. Abb. 21 zeigt, wie man sich den Doppelkolbenzylinder aus dem Einkolbenmotor unter Beibehaltung der Zahl der Lagerstellen entstanden denken kann. Hierbei erkennt man, daß die wärmeabführende Oberfläche des Verbrennungsraumes erheblich verkleinert wird, da gerade die empfindlichsten und daher stark gekühlten Deckelwände der Einkolbenzylinder in Wegfall kommen. Der zusammengefaßte Verbrennungsraum ist doppelt so hoch und ermöglicht daher eine vorteilhaftere Entfaltung des Vorganges der Brennstoffzerstäubung. Die Ausnutzung der beiden Kolben zur Steuerung der Einlaß- und Auslaß-

Junkers-Fahrzeugmotor. Ausbau des Triebwerkes ohne Entfernung von Rohrleitungen

Abb. 20 und 21
Entstehung einer Doppelkolben - Zylinder-einheit aus einem Einkolben-Zylinderpaar

schlitze macht schließlich alle äußeren Steuerungsteile entbehrlich.

Für die sich aus vorstehender Betrachtung ergebende Beurteilung des Platzbedarfs kommt fast nur die Baulänge in Betracht, da, wie die maßstäblichen Abbildungen 22 und 23 zeigen, die durch den Kühler bedingte Höhe der Motorhaube über dem gewöhnlichen Vierzylinder-Viertaktmotor noch einen beträchtlichen Raum aufweist, der nicht ausgenutzt wird. Wenn man zum Vergleich der Baulänge für den Vierzylinder-Viertaktmotor auch nur die Anordnung mit drei Grundlagern heranzieht, zeigt der in Abb. 23 dargestellte Doppelkolbenmotor von doppelter Leistung einen kleineren Mittenabstand, also auch eine kleinere Baulänge. Auf gegebener Baulänge läßt daher der Doppelkolbenmotor mindestens die doppelte Leistung entwickeln als der normale Viertaktmotor.

Um diesen Vergleich auf zwei Motoren der beiden Bauweisen unter der Voraussetzung g l e i c h e r Leistung und g l e i c h e r Kolbengeschwindigkeit auszudehnen, sind in Abb. 24 und 25 zwei solche Motoren schematisch dargestellt. Um auf gleiche Leistung zu kommen, ist für den Gegenkolbenmotor der Kolbendurchmesser im Verhältnis von $\sqrt{2}:1$ verkleinert worden. Die kleinere Baulänge des Zweizylinder-Junkers-Motors ist augenfällig und hat sich auch in der wirklichen Ausführung des Motors bewährt, wie in Abb. 26 und 27 zum Ausdruck kommt.

Auf den ersten Blick erkennt man die bauliche Verwandtschaft mit dem ortfesten Junkers-Motor, über den Dr.-Ing. M a d e r nähere Angaben veröffentlicht hat[1]).

Der Junkers-Fahrzeugmotor wurde zunächst als Zweizylinder-Gegenkolbenmotor ausgebildet und den Raumverhältnissen angepaßt, die die bisher üblichen Lastkraft wagen aufweisen. Hierbei ergab sich im Einklang mit de obigen Erwägungen, daß der beim Lastkraftwagen für de Motor vorhandene Raum in der Längsrichtung vom Jun kers-Fahrzeugmotor bei weitem nicht in Anspruch genom men wird, so daß der übrigbleibende Abstand zwische Motor und Kühler zur Lagerung des Ventilatorflügel durch einen langen Ventilatorarm überbrückt werde mußte. Der Raum unter diesem Arm wurde der Brenn stoffpumpe zugewiesen, die man ohne weiteres auch a der Seite des Motors hätte unterbringen können. Der Mo tor hat folgende Hauptabmessungen:

Zylinderdurchmesser	80 mm
Hub des oberen Kolbens . .	150 „
Hub des unteren Kolbens . .	150 „
Hubvolumen	3 l
Gewicht ohne Schwungrad . .	280 kg.

Der Motor leistet bei 1000 Uml./min normal 45 PS_e, ent sprechend einem mittleren nutzbaren Kolbendruck vo 6,75 at. Unter diesen Betriebsbedingungen kommt ihn (ohne Schwungrad) das Einheitsgewicht von 6,2 kg/PS_e zu. Die vorübergehend erzielbare Höchstleistung ist durc den mittleren nutzbaren Kolbendruck von 8,5 at gekenn zeichnet und beläuft sich auf 57 PS_e. Bei 1500 Uml./mi erreicht der Motor eine Nennleistung von 65 PS_e, ent sprechend dem mittleren nutzbaren Kolbendruck von 6,5 at Sein Einheitsgewicht sinkt dann auf 4,3 kg/PS_e.

Das Gehäuse ist aus Silumin, die Laufbüchsen de Arbeitszylinder sind aus Stahl hergestellt. Für die Kolbe wurden Gußeisen und Leichtmetall vergleichenden Ver suchen unterworfen. Auch für die Pleuelstangen de

Abb. 24 und 25
Raumvergleich zwischen einem Einkolben-Vierzylindermotor (Viertakt) und einem Doppelkolben-Zweizylindermotor (Zweitakt) bei gleicher Leistung

oberen Kolben ist versuchsweise zur Herabsetzung de Massenkräfte Duralumin neben I-Stahlstangen erprob worden. Im übrigen nimmt die Konstruktion des Motor nicht sonderlich auf Gewichtersparnis Bedacht, vor allen nicht bei den Abmessungen der Kurbelwelle. Daß trotz dem nach obigen Zahlenangaben ein für Dieselmotore ungewöhnlich niedriges Einheitsgewicht erzielt wurde, is vorwiegend der Eigenart der Doppelkolbenanordnung zu zuschreiben, die durch den Wegfall schwerer Einzelteile wie z. B. der Zylinderdeckel, an und für sich eine weit gehende Herabsetzung des Gewichtes gestattet.

Die Kurbelwelle ist zwischen den beiden Zylinder in einem schmalen Gleitlager von großem Durchmesser ge lagert, was sich auch bei dem ortfesten Junkers-Motor i überraschender Weise bewährt hat. Ebenso wie bei diese Motor ist auch hier der Luftinhalt des Motorgehäuses al Spül- und Ladeluftaufnehmer ausgenutzt, ohne daß de Luftstrom durch das Gehäuse strömt. Sein Luftinhalt dient also nur als Polster, wodurch das Mitreißen des im Kurbelgehäuse herumspritzenden Öles, wie es den Mo toren mit Kurbelkastenspülung eigentümlich ist, vermieden wird. Der Spülkolben aus Leichtmetall ist auf den oberen Kolben aufgeschraubt und hat eine kreisförmige Stirn fläche von 215 mm Dmr., von der zwei gleichgroße Ab schnitte von 57,5 mm Pfeilhöhe abgenommen sind, so daß die Kolbenfläche quer zur Kurbelachse nur noch 100 mm breit bleibt. Am Umfang des Spülkolbens sind zur Er höhung der Liderung nur einige umlaufende Labyrinth kanäle vorgesehen. Die Längenerstreckung der Kolben fläche liegt parallel zur Kurbelachse und überdeckt, wie Abb. 26 zeigt, die Stangengelenke, mittels deren die äußeren Pleuelstangen über ein schwingend gelagertes Querhaupt mit dem oberen Kolben verbunden sind. Die durch die Kolbenabschnitte gewonnene Querschnittfläche des Spülpumpengehäuses kommt der Unterbringung de

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1374, Abb. 24 bis 29.

Abb. 22 und 23
Raumvergleich zwischen einem Einkolben-Vierzylindermotor und einem Doppelkolben-Zweizylindermotor gleicher Abmessungen für Durchmesser und Hub. Der Zweitakt - Doppeltkolbenmotor hat die doppelte Leistung des Einkolbenmotors mit Viertaktbetrieb.

Abb. 26 und 27. Junkers-Fahrzeug-Dieselmotor
$N_e = 45$ PS$_e$ bei $n = 1000$ Uml./min $N_e = 65$ PS$_e$ bei $n = 1500$ Uml./min

Saug- und der Druckventile der Spülpumpe zugute, vergl. Abb. 27.

Das Hubvolumen jeder der beiden Spülpumpen beträgt 3,10 l, also das 2,07 fache des Arbeitskolben-Hubvolumens. Die Kanäle, die der Spül- und Ladeluft am oberen Ende des Hubraumes den Eintritt in den Arbeitzylinder gewähren, sind leitschaufelähnlich ausgeführt, so daß die in den Arbeitzylinder eintretende Luft zugunsten vollkommener Spülung und weitestgehender Verteilung des eingespritzten Brennstoffs in eine kreisende Bewegung versetzt wird, die den Verdichtungsvorgang überdauert.

Es erscheint grundsätzlich gleichgültig, nach welchem Verfahren der Brennstoffeinspritzung der Motor betrieben wird, sofern diese den Bedingungen genügt, die ihr die hohe Spielzahl stellt. Die bisher vom Junkers-Motorenbau hergestellten Motoren bedienen sich der von Dr.-Ing. Mader beschriebenen Einspritzung[2]), für die nur der Eingriff der Regelung den Forderungen des Fahrzeugbetriebes angepaßt wurde.

Versuche am Junkers-Motor

Im September 1926 habe ich auf dem Dessauer Versuchstande eingehende Versuche mit einem Junkers-Fahrzeugmotor vorgenommen, der in bezug auf mehrere wichtige Teile sich damals noch im Zustande der Probeausführung befand. Der Motor wurde bei niedrigeren Drehzahlen durch eine Backenbremse, bei höheren durch eine Junkers-Wasserbremse belastet. Das als Brennstoff dienende Gasöl von 0,867 Dichte bei 17,1 °C wurde zwischen zwei Meniskusmarken in einem gläsernen Standrohr nach der Zeit gemessen, innerhalb deren die zwischen den beiden Marken befindliche und durch Eichung mehrfach nachgeprüfte Brennstoffmenge verbraucht wurde. Der Heizwert des Gasöls wurde im Maschinenlaboratorium in Dresden in mehreren Kalorimetrierungen zu H_0 gleich 10 770 und H_u gleich 10 030 kcal/kg bestimmt. Der Kühlwasserverbrauch und die im Motor auftretende Kühlwassererwärmung wurden fast bei allen Versuchen festgestellt. Schließlich wurden noch der Spülluftüberdruck in mm Q.-S. und der Auspuffkanal-Überdruck in mm W.-S. abgelesen.

Die Versuche, die bei 200 bis 1000 Uml./min unter den verschiedensten Belastungen durchgeführt wurden, fanden unter meiner eigenen Aufsicht statt, während die Versuche bei 1200 und 1500 Uml./min nach den von mir angegebenen Versuchsgrundlagen während meiner Abwesenheit ausgeführt wurden, sich aber den Ergebnissen meiner eigenen Beobachtungen sehr gut anschließen. Leider verbot der Umstand, daß die oberen Kolben erst am Tage vor meinen ersten Versuchen erstmalig eingebaut und zur Feststellung besonderer Erfahrungen bestimmt waren, eine häufige Belastung auf höchsterreichbare mittlere nutzbare Kolbendrücke. Aus Vorsicht habe ich daher nur bei einer Versuchsreihe (1000 Uml./min) die Belastung bis auf einen mittleren nutzbaren Kolbendruck von 8,5 at gesteigert.

Trotz dieser Beschränkung, die ich dem Versuchsprogramm anlegen mußte, sind die erzielten Versuchsergebnisse so wertvoll, daß sie eine ausführlichere Besprechung rechtfertigen. Die Bohrung der Brennstoffdüsen war der Drehzahl von 1000 Uml./min angepaßt. Dementsprechend ergab der Betrieb bei dieser Drehzahl den geringsten Brennstoffverbrauch, umgerechnet auf den unteren Heizwert von 10 000 kcal/kg, von 173,6 g/PS$_e$ h bei einer Nutzleistung von 39,03 PS$_e$ oder bei einem mittleren nutzbaren Kolbendruck von 5,89 at. Unter Leistungsverminderung überschritt der Verbrauch erst bei rd. 29 PS oder p_e = rd. 4,4 at, unter Leistungssteigerung erst bei rd. 56 PS oder p_e = rd. 7,9 at den Wert von 180 g/PS$_e$ h.

Im ganzen wurden 66 Versuche durchgeführt, davon bei 1000 Uml./min allein 23 Versuche, wobei die am Umdrehungszähler abgelesene Drehzahl zwischen den Werten 986,0 und 1062 Uml./min lag. Der Brennstoffverbrauch wurde über dem mittleren nutzbaren Kolbendruck auf-

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1373.

Abb. 28
Brennstoffverbrauch (bezogen auf einen unteren Heizwert von 10 000 kcal/kg) des Junkers-Fahrzeugmotors in Abhängigkeit vom mittleren nutzbaren Kolbendruck bei verschiedenen Drehzahlen

Abb. 29
Brennstoffverbrauch des Junkers-Fahrzeugmotors in Abhängigkeit von der Drehzahl

Abb. 30
Kühlwasserwärme für 1 PS_e h des Junkers-Fahrzeugmotors in Abhängigkeit vom mittleren nutzbaren Kolbendruck bei verschiedenen Drehzahlen

Abb. 31
Lieferungsgrade der Spülluftpumpe
(Abgerundete Meßdüse von 50 mm Dmr.)

getragen. Die Linien, die alle zu einer Drehzahl gehörigen Werte berücksichtigen und deren Festlegung infolge der geringen Streuung der Versuchsergebnisse keine Schwierigkeiten bereitete, sind in Abb. 28 eingezeichnet.

Dieses Bild zeigt den ausgezeichneten Brennstoffverbrauch und den großen Belastungsbereich, innerhalb dessen der Junkers-Fahrzeugmotor seine hervorragende Brennstoffausnutzung behauptet. In Abb. 29 sind die zu ein-

Drehzahlregelung durch Nebenluft
Steuerungsfeder
Vollast
Steuerklappe
Leerlauf
Spülluft-Eintritt
Brennstoffpumpen-Regelung
Brennstoffpumpen-Antrieb

Abb. 32
Unterdruckregler des Junkers-Fahrzeugmotors

zelnen Werten des mittleren nutzbaren Kolbendrucks aus Abb. 28 interpolierten Werte des Brennstoffverbrauchs über der Drehzahl aufgetragen. Die Abbildung lehrt, daß die Mindestwerte des Brennstoffverbrauchs für alle Kolbendrücke, also für alle Drehmomente, zwischen 700 und 1000 Uml./min liegen. Es leuchtet ein, daß durch die Anwendung anderer Bohrungen für die Brennstoffdüsen die Mindestwerte dieser Linien andern Drehzahlbereichen zugeordnet und damit besonderen Ansprüchen angepaßt werden können. Für die Kühlwasserwärme, deren Bestimmung keinen Anspruch auf hohe Genauigkeit erhebt, ist die zugehörige Linienschar in Abb. 30 zusammengestellt.

Die Spülluftpumpe, die einen schädlichen Raum von rd. 28 vH hat, wurde einer besonderen Untersuchung unterworfen, indem ihr Saugrohr an einen hinreichend großen Blechbehälter angeschlossen wurde, in dessen Wand eine nach den Normen abgerundete Mündung von 50 mm Dmr. eingebaut war. An einem Quecksilbermanometer wurde der Spülluftüberdruck in Abhängigkeit von der Drehzahl, an einem Wasserbarometer der Unterdruck im Ansaugegefäß abgelesen.

Abb. 31 enthält für die Drehzahlen von 400 bis 1200 Uml./min die Ergebnisse der Ablesungen. Aus dem Unterdruck hinter der Düse wurde zu den einzelnen Drehzahlen des Motors die zugehörige Spülluftmenge berechnet und ihre auf jedes Arbeitspiel eines Arbeitzylinders entfallende Menge ins Verhältnis zum Hubvolumen der Spülluftpumpe gesetzt, um deren Lieferungsgrad η_l zu erhalten, der ebenfalls in Abb. 31 eingetragen ist. Er fällt von seinem Höchstwert 0,75 bei 400 Uml./min auf rd. 0,68 bei 1200 Uml./min ab. Rechnet man im Mittel mit einem Liefergrad von 0,70, so ergibt das oben angegebene Verhältnis des Spülluftpumpen-Hubvolumens zum Arbeitskolben-Hubvolumen, daß der Junkers-Fahrzeugmotor im Mittel mit der 1,44 fachen Spül- und Ladeluftmenge im Verhältnis zu seinem Hubvolumen arbeitet.

Da von Interesse sein kann, welcher Anteil am Verlauf des Liefergrades dem Einfluß des großen schädlichen Raumes der Spülluftpumpe zuzuschreiben ist, wurde die Einbuße an Ansaugvolumen berechnet, die auf die adiabatische Rückexpansion der im schädlichen Raum am Ende des Förderhubes verbleibenden Luftmenge zwischen dem Förderdruck und dem Ansaugdruck entfällt. Die hierfür zutreffenden Werte sind mit $\Delta\,\eta_l$ bezeichnet und in Abb. 31 bei der betreffenden Drehzahl den Ordinaten der η_l-Linie hinzugezählt. Hierdurch erhält man die η_l'-Linie, die den Liefergrad der Spülluftpumpe unter Ausschluß des Einflusses des schädlichen Raumes darstellt. Dieser Liefergrad ist also nur durch Undichtheit, Ventilwiderstand und Wärmeaustausch bedingt und zeigt mit steigender Drehzahl nach einem anfänglichen Abfall von etwa 600 Uml./min ab einen beinahe von der Drehzahl unabhängigen Wert von rd. 0,73.

Eine bemerkenswerte Weiterentwicklung ist der Regelung des Junkers-Fahrzeugmotors zuteil geworden. Bei den ersten praktischen Fahrversuchen wirkte das an den Gasfußhebel angeschlossene Gestänge unmittelbar auf die Füllungseinstellung der Brennstoffpumpe. Außerdem war der Motor noch mit einem üblichen Sicherheitsregler gegen das Durchgehen ausgerüstet, der erst bei höchstzulässiger Drehzahl die Füllung der Brennstoffpumpe begrenzte. Das praktische Ergebnis dieser Anordnung befriedigte nicht, indem die Drehzahl des Motors bei plötzlich auftretender geringer Mehrbeanspruchung sofort beträchtlich abfiel und gegebenenfalls der Motor zum Stillstand kam, wenn der Fahrer nicht schnell genug mit dem Gashebel eine größere Füllung der Brennstoffpumpe veranlaßte.

Es fällt zunächst auf, daß dieselbe Art der Regelung an andrer Stelle, z. B. beim MAN-Fahrzeugmotor[3]) zu keinerlei Anständen führt. Der Grund dieser Erfahrung ist in den Kennlinien der Brennstoffpumpen, d. h. im Verlauf der Liefergrade mit der Drehzahl, zu suchen. Es wird darauf ankommen, ob der Liefergrad der Brennstoffpumpe bei gleichbleibender Stellung des Füllungshebels mit sinkender Drehzahl ansteigt, wozu der Rückgang der Drosselverluste, der Reibungswiderstände und der Massenkräfte die Veranlassung bieten kann. Trifft diese Abhängigkeit des Liefergrades der Brennstoffpumpe von der Drehzahl zu, so hat der Motor ohne regelnden Eingriff in die Steuerung eine gewisse Stabilität, indem die durch eine Belastungsänderung hervorgerufene Drehzahländerung in um so engeren Grenzen gehalten wird, je stärker der Liefergrad der Brennstoffpumpe im angegebenen Sinne durch die Drehzahländerung beeinflußt wird.

Die am Junkers-Fahrzeugmotor angewandte Brennstoffpumpe muß in ihrem Liefergrad nur sehr wenig auf Drehzahländerungen ansprechen, um die oben angegebene Beobachtung verständlich zu machen, ein Umstand, der der Konstruktion der Pumpe an sich nur als Vorzug angerechnet werden darf. Der Junkers-Fahrzeugmotor wurde daher mit einem Leistungregler versehen, auf dessen Federspannung der Gashebel am Führersitz einwirkte. Bei dieser Anordnung, die im allgemeinen befriedigte, ergab sich der Nachteil, daß der Regler, um bei geringen Drehzahlen die erforderliche Energie zum Verstellen der Pumpenfüllung aufzubringen, sehr groß ausgeführt werden mußte.

Diesem Nachteil begegnet die in Abb. 32 schematisch dargestellte Regelmethode, die sich in ihrer konstruktiven Durchbildung durch große Einfachheit und in ihrer praktischen Anwendung durch Zuverlässigkeit bis zu den geringsten Drehzahlen auszeichnet. Die Regelung macht von dem Umstand Gebrauch, daß sie bei herabgesetzter Drehzahl ohne Benachteiligung des Verbrennungsvorganges gestattet, den Zutritt der Spül- und Ladeluft zu den Saugventilen abzudrosseln. In die Wand des Saugraumes ist eine Klappe eingebaut, die eine Feder nach außen zu drehen sucht, bis sie an einem Anschlag anstößt. Durch den entsprechend bemessenen Spalt am Umfange der Klappe tritt eine Teilmenge der Spül- und Ladeluft in den Saugraum der Luftpumpe ein. Einer zweiten Teilmenge dient ein Hahn als Zutrittorgan, den man vom Führersitz aus durch den Gashebel mehr oder weniger öffnen oder ganz schließen kann. Je geringer diese zweite Zutrittöffnung durch die Hahnstellung bemessen wird, um so größer wird unter sonst gleichbleibenden Betriebsbedingungen der Unterdruck im Saugraum. Je größer dieser Unterdruck wird, um so mehr wird die Reglerklappe gegen die Federspannung einwärts gedreht. Mit dieser Klappe steht der Füllungshebel der Brennstoffpumpe in Verbindung, die auf um so kleinere Förderung eingestellt wird, je weiter die Klappe einwärts gedreht ist. Hiermit ist jeder Brennstofffördermenge eines Pumpenhubes eine bestimmte Klappenstellung und dadurch ein bestimmter Wert des Saugraum-Unterdruckes zugeordnet, den man durch Drehung des Regelhahnes einstellt, bis der Motor auf die gewünschte Drehzahl einspielt. Dieser Spülluftregler kann durch die Größe der Drosselklappe jedem vorkommenden Energiebedarf angepaßt werden.

Den Einbau des Junkers-Fahrzeugmotors in einen älteren Lastkraftwagen veranschaulichen die Bilder S. 405, die den freien Raum erkennen lassen, den der Motor innerhalb der üblichen Haube ungenutzt läßt. Aus den Bildern geht auch die äußere Einfachheit des Motors hervor, dessen Leitungen vor allem nicht abgeschraubt zu werden brauchen, wenn das Triebwerk zwecks Nachprüfung oder Überholung ausgebaut werden soll. Auf dem Versuchstande habe ich festgestellt, daß ein einziger Ar-

[3]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1435.

beiter ohne jedes Hebezeug aus dem betriebwarmen Motor in 11½ min alle vier Kolben mit den dazugehörigen Pleuelstangen ausbauen kann.

Es liegt auf der Hand, daß der beschriebene Fahrzeugmotor nicht nur für Lastkraftwagen angewandt werden kann, sondern auch der weiteren Entwicklung für Personenkraftwagen fähig ist. Ohne auf den sehr bedenklichen Einfluß einzugehen, den die deutsche Steuerformel auf den Bau der Vergasermotoren ausgeübt hat, die bei 3000 Uml./min eine nutzbare Literleistung von rd. 19 PS_e erzielt haben, sei in diesem Zusammenhang nur hervorgehoben, daß der Junkers-Fahrzeugmotor bei 1000 Uml./min, seiner Nennleistung von 45 PS_e entsprechend, bereits eine Literleistung von 15 PS_e aufweist, wobei er nur eine mittlere Kolbengeschwindigkeit von 5 m/s erreicht. Die vorübergehend erreichbare Höchstleistung von 57 PS_e entspricht bei gleicher Drehzahl einer Literleistung von 19 PS_e. Bei 1500 Uml./min, also bei einer Kolbengeschwindigkeit von 7,5 m/s, steigt die Literleistung bereits auf nahezu 22 PS_e, bezogen auf die Volleistung.

Hiermit ist jedoch auf Grund abgeschlossener Erfahrungen keineswegs das letzte Ziel erreicht, das dem Doppelkolbenmotor gesteckt ist. Verringerung des Hubes zugunsten höherer Drehzahl läßt mit Sicherheit noch eine außerordentliche Steigerung der Literleistung zu, wenn man auf die letzten Vorteile des großen Hubverhältnisses in bezug auf den Brennstoffverbrauch Verzicht leistet. Wenn man schließlich noch die Möglichkeit der Vorverdichtung in Betracht zieht, die beim Zweitaktmotor lediglich eine entsprechend reichlichere Bemessung der Spülluftpumpe und die Abdrosselung des Auspuffs bedingt, so ist nicht einzusehen, daß die Ausbildung eines Motors mit einer Literleistung von 50 PS_e und mehr außerhalb der Möglichkeit der praktischen Verwirklichung liegen sollte.

Die Zahlen für den Brennstoffverbrauch des Junkers-Fahrzeugmotors sind die niedrigsten, die mir unter den Bedingungen des Schnellaufbetriebes begegnet sind. Es ist bemerkenswert, daß es Prof. Junkers gelungen ist, den offenkundigen sonstigen Vorteilen des Zweitaktmotors auch für den ausgesprochenen Schnellauf den Vorzug höchster Brennstoffausnutzung anzuschließen. Man darf wohl mit gutem Recht annehmen, daß auf Grund solcher Erfolge der Gegenkolbenbauart für die künftige Entwicklung des schnellaufenden Dieselmotors zum Zwecke seiner Einführung als Fahrzeugmotor für alle Arten der Verkehrsmaschinen eine richtunggebende Bedeutung zukommt.

[B 41]

Kohlenverbrauchsergebnisse des Hochdruck-Turbinenschiffes „King George V.“

Nachdem das britische Hochdruck-Turbinenschiff „King George V.“ einige Monate im Betrieb gewesen ist, hat man im Januar d. J. eingehende Meßfahrten mit ihm vorgenommen, um den genauen Kohlen- und Dampfverbrauch festzustellen. Über die Ergebnisse dieser Fahrten hat Charles A. Parsons zusammen mit einigen andern am Bau des Schiffes Beteiligten am 12. Januar dieses Jahres in der North East Coast Institution of Naval Architects berichtet.

Zunächst erklärte Parsons[1]), was man auf Grund theoretischen Rechnungen von einer Hochdruck-Schiffsmaschinenanlage von 5000 PS Leistung erwarten kann; dabei wurden vier verschiedene Arten des Hilfsmaschinenantriebes angenommen, nämlich: 1. Antrieb durch Dampf, 2. durch Elektrizität, wobei der Strom durch Turbodynamos erzeugt wird, 3. durch Elektrizität unter Annahme der Stromerzeugung durch Dieseldynamos, 4. durch Gestänge oder sonstige Getriebe von der Hauptmaschine aus. Grundlage der Rechnung war die Annahme einer Eintrittsspannung von 35 at Überdruck an der Hochdruckturbine, 400 ° Eintrittstemperatur des Dampfes, 97 vH Luftleere und 84 vH Kesselwirkungsgrad; bezüglich des Speisewassers wurde angenommen, daß es durch Anzapfdampf vorgewärmt wird, der einer Mitteldruckturbine entnommen wird. Unter Zugrundelegung von Ölheizung für die Kessel wurden folgende theoretischen Verbrauchzahlen ermittelt:

1. Bei dampfgetriebenen Hilfsmaschinen 0,302 kg/PS_eh Öl,
2. für elektrisch angetriebene Hilfsmaschinen, deren Strom durch Turbodynamos erzeugt wird, 0,294 kg/PS_eh Öl,
3. für elektrisch angetriebene Hilfsmaschinen mit Stromerzeugung durch Dieseldynamos 0,281 kg/PS_eh Öl,
4. bei Antrieb der Hilfsmaschinen von den Hauptmaschinen aus 0,281 kg/PS_eh Öl.

Anschließend hieran gab Parsons die Betriebsergebnisse des Clydedampfers „King George V.“ bekannt. Die Maschinenanlage dieses Schiffes besteht aus zwei Hochdruckturbinen-Anlagen von zusammen 3500 PS_e Leistung auf zwei Wellen[2]). Der Dampf wird in Wasserrohrkesseln mit 38½ at Überdruck und 400 ° Dampftemperatur erzeugt. Dieser Dampf wird zunächst in einer Hochdruck-Dampfturbine auf 14 at entspannt und geht dann durch die übrigen Turbinen normaler Bauart. Von der Gesamtleistung der Maschinenanlage entfallen etwa 600 PS auf die vorgeschaltete Hochdruckturbine; die Wasserrohrkessel werden mit Kohlen gefeuert, und die Verbrennungsluft wird in einem Rauchgasvorwärmer vor Eintritt hoch erhitzt. Die Hilfsmaschinen werden durch Dampf angetrieben, der vor Eintritt in die Hilfsmaschinen entspannt wird; dabei gibt er einen Teil seiner Wärme an eine Zwischenheizanlage für den Dampf der Hauptturbine ab. Die Ergebnisse der Meßfahrten stellten sich wie folgt:

Dampfdruck im Kessel	at	35,5	38,0	35,3
Dampftemp. im Kessel	°C	435	418	393
Eintrittsspannung an der Hochdruckturbine	at	30,6	25,6	20,6
Eintrittstemperatur an der Hochdruckturbine	°C	424	402	373
Luftleere	vH	97	97,5	97
Lufttemperatur im Heizraum	°C	43	—	47
Lufttemperatur vor dem Luftvorwärmer	°C	60	—	53
Lufttemperatur hinter dem Luftvorwärmer	°C	283	274	252
Überdruck im Heizraum	mm W.-S.	19,4	18,9	10,9
Mittlere Maschinenraumtemperatur	°C	32	33	31
Drehzahl	Uml./min	568,8	532,8	490,7
Leistung	PS_e	3489	2800	2083
Kesselwirkungsgrad	vH	79	—	80
Dampfverbrauch				
Turbinen	kg/PS_eh	3,64	3,80	3,96
Hilfsmaschinen	„	0,75	0,84	1,00
Gesamtdampfverbrauch	„	4,39	4,64	4,96
Kohlenverbrauch	kg/PS_eh	0,492	—	0,530

[1]) „Shipping World“ Bd. 76 (1927) Nr. 1753.
[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1499.

Bei den Meßfahrten wurde eine gewöhnliche schottische Kohle mit 7700 kcal/kg Heizwert verwandt. Die Ergebnisse der Meßfahrten sollen nach den Angaben der Vortragenden den Erwartungen entsprochen haben, die an die Anlage gestellt waren, da es sich nur um verhältnismäßig kleine Maschinen von je 1750 PS_e handelte, die mehr Dampf verbrauchen als große Einheiten.

Bei der Beurteilung der Meßfahrten ist indessen zu beachten, daß die Brennstoffersparnis in Anbetracht der verwickelten Anlage (Hochdruck-Wasserrohrkessel, hohe Luftvorwärmung, verwickeltes Hintereinanderschalten von Turbinen, Schrauben mit 570 Uml./min, Getriebe) doch recht mäßig ist. Vergleicht man den tatsächlichen Kohlenverbrauch von rd. 0,5 kg/PS_eh mit dem unter gleichen Umständen für Anlagen von 5000 PS berechneten Ölverbrauch, so wäre der Brennstoffverbrauch bei Öl von 10 000 kcal/kg Heizwert um 27,5 vH höher; dieses allein auf den Unterschied in der Größe der Anlage zurückzuführen, dürfte nicht leicht sein. Anderseits kann man von guten, neuzeitlichen Kolbendampfmaschinen von etwa 2000 PS_i Leistung (entsprechend der Anlage auf jeder Welle des „King George V.“) bei Kohle von 7700 kcal Heizwert einen Kohlenverbrauch von 0,51 kg/PS_ih und 0,58 kg/PS_eh erwarten. Wird hinter eine derartige Anlage noch eine Abdampfturbine geschaltet (Bauart Bauer-Wach), so ist mit einer Verminderung des Brennstoffverbrauches um 18 bis 20 vH, d. h. auf 0,46 bis 0,47 kg/PS_eh zu rechnen. Bei gleicher Größe sind also derartige Anlagen der englischen Hochdruck-Turbinenanlage beträchtlich überlegen, ohne daß verwickelte Anlagen und eine Verwendung von Hochdruck-Wasserrohrkesseln und schnellaufenden, wenig wirksamen Schrauben notwendig sind. [N 106] C.

Verbrennungsgeschwindigkeit und Gasgleichgewicht

Von Dr.-Ing. W. Allner, Berlin

Ältere und neuere Arbeiten über Gasgleichgewichte und Reaktionszeiten in den Flammen fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe. Auch bei hohen Verbrennungstemperaturen ist die zur Reaktion notwendige Zeit von endlicher Größe und nicht ohne weiteres zu vernachlässigen. Die Zeit und verzögernde und katalytisch beschleunigende Einflüsse des Brennraumes bestimmen das Maß, bis zu dem sich die Reaktionen bei hoher Temperatur dem Gleichgewicht nähern und wie weit sich die Gleichgewichte im Abkühlraum der Feuerung mit sinkender Temperatur verschieben, wie weit also die Reaktion bis zu Ende verläuft.

Die Vorgänge bei der Verbrennung von Brennstoffen in Luft oder Sauerstoff lassen sich in ihrem Endergebnis durch eine Reihe bekannter Reaktionsgleichungen darstellen, deren Zahl nicht sehr groß ist, da die meisten festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffe in der Hauptsache aus Kohlenstoff und Wasserstoff neben wechselnden Mengen Schwefel, Sauerstoff, Stickstoff, sowie Wasser und Unverbrennbarem bestehen. Als Verbrennungsprodukte treten bei der vollständigen Verbrennung Kohlensäure und Wasserdampf, gelegentlich auch schweflige Säure neben dem Stickstoff der Luft auf; bei der unvollständigen Verbrennung treten zu diesen Stoffen noch Kohlenoxyd und Wasserstoff sowie geringe Mengen von Kohlenwasserstoffen, Methan u. a.

Die Verbrennung erfolgt mit leuchtender Flamme, wenn die Kohlenwasserstoffe mit unzureichender oder ohne Primärluftzufuhr im Innern der Flamme unter Kohlenstoffausscheidung zerfallen; sie erfolgt mit nichtleuchtender Flamme, wenn die Verbrennungsluft teilweise oder ganz als Primärluft dem Brennstoff zugeführt werden kann; in diesem Falle strahlt der scharf abgegrenzte Innenkegel der so entstandenen Bunsenflamme ein kennzeichnendes grünes oder blaues Lumineszenzlicht aus, während die darüber liegende Aureole und der Außenkegel der Flamme erheblich schwächer, mattblau leuchten. Der Übergang von leuchtender zu nichtleuchtender Flamme läßt sich besonders eindrucksvoll an der in Luft brennenden Flamme des Benzoldampfes zeigen[1]). Im Innenkegel der nichtleuchtenden Flamme wird der Sauerstoff der Primärluft zum Aufspalten der Kohlenwasserstoffe vollkommen aufgebraucht. Was aus dem Innenkegel der normalen Bunsenflamme entweicht, sind die Bestandteile des Wassergasgleichgewichtes, verdünnt durch übriggebliebenen Stickstoff der Primärluft[2]). Das Wassergas verbrennt dann im äußeren Flammensaum zu Kohlensäure und Wasserdampf.

Die Form des Innenkegels der Flamme ist gegeben durch die Bedingung, daß sich die rückwärtsschreitende Entzündung des Gasluftgemisches gerade an dieser Stelle mit der vorwärtsschreitenden Strömung des Gasluftgemisches ausgleicht. Der Innenkegel der Bunsenflamme ist als „stehende Explosion im bewegten Gase" zu betrachten. Er stellt ein System dar, dessen Form durch die Art des Gases und die Geschwindigkeit des Gasluftgemisches gegeben ist.

Die Form des äußeren Flammensaumes ist bei der leuchtenden wie bei der nichtleuchtenden Flamme bestimmt durch die Bedingung, daß die entstandenen Gase in und mit der umgebenden Luft verbrennen müssen. Es ist leicht zu sehen, daß die Diffusions- und Strömungserscheinungen den äußeren Flammenkegel weit mehr beeinflussen als den Innenkegel.

Durch Vergrößerung der Strömgeschwindigkeit des Gasluftgemisches gelingt es, die Luftmenge, die z. B. bei Leuchtgas im normalen Bunsenbrenner bis etwa zur Hälfte der theoretischen betragen kann, auf die theoretische Luftmenge und darüber zu steigern. Der äußere und der innere Flammenkegel rücken dann einander immer näher und fallen schließlich zusammen.

Die chemischen Vorgänge in Flammen werden beherrscht durch das Gesetz der Massenwirkung. Alle Reaktionen, auch die der Verbrennung, sind bestrebt, so weit abzulaufen, daß die entstehenden Produkte wieder Gleichgewicht erreichen.

Die Verbrennung von Wasserstoff, z. B. nach der Gleichung

$$2\,H_2 + O_2 \rightleftarrows 2\,H_2O,$$

verläuft im Sinne der Pfeilrichtung von links nach rechts unter Bildung von Wasser; umgekehrt zerfällt Wasserdampf bei hohen Temperaturen wieder in Wasserstoff und Sauerstoff.

Die Geschwindigkeit, mit der die Reaktion dem Gleichgewicht zustrebt, ist in jedem Augenblick gleich dem Unterschied der Geschwindigkeiten der Teilreaktionen. Bei Gleichgewicht ist diese Geschwindigkeit null, und das Gleichgewicht ist gekennzeichnet durch die bekannte Gleichgewichtkonstante[3]). Bei den meisten hier in Betracht kommenden Reaktionen, soweit es sich um Gase handelt, deren spezifische Wärme sich mit der Temperatur ändert, ist die Gleichgewichtkonstante von der Reaktionstemperatur abhängig, also mit der Temperatur veränderlich.

Allgemein gilt der von Ostwald als Prinzip des kleinsten Zwanges, von Van't Hoff als Prinzip des beweglichen Gleichgewichts bezeichnete Satz, den Le Chatelier so faßt: Jede Änderung eines der Faktoren des Gleichgewichts (Druck, Temperatur) erzeugt in dem System eine Umwandlung nach der Richtung hin, durch die der betreffende Faktor eine Änderung entgegengesetzt zur ursprünglichen Änderung erfährt. Der Satz hat eine Ähnlichkeit mit dem bekannten Gesetz von Wirkung und Gegenwirkung.

Über die Geschwindigkeit, mit der sich chemische Reaktionen dem Gleichgewicht für die jeweiligen Temperatur- und Druckverhältnisse zu nähern versuchen, sagen die Gleichungen noch nichts aus. Soviel war aber schon länger bekannt, daß die Reaktionsgeschwindigkeiten mit steigender Temperatur zunehmen; im Gebiete niedriger Temperaturen pflegt einer Temperatursteigerung um 10° gewöhnlich eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Reaktionsgeschwindigkeit zu entsprechen. Der Einfluß der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit, der um so größer wird, je höher die Temperatur steigt, läßt sich nach Nernst[4]) dadurch erklären, daß nur die Moleküle reagieren, deren Geschwindigkeit einen besonders hohen Mittelwert übersteigt. Dann läßt sich nämlich, wie Goldschmidt und später Krüger[5]) nachwiesen, leicht zeigen, daß die Zahl von Molekülen mit großer lebendiger Kraft nach Maxwells Verteilgesetz sehr stark mit der Temperatur ansteigt.

Die Reaktionsgeschwindigkeiten verschiedener Systeme sind aber bei gleicher Temperatur nicht etwa gleich, sondern denkbar verschieden. Dies erklärt, warum eine ganze Reihe von Stoffen und Verbindungen bei niedriger Temperatur überhaupt nebeneinander bestehen können, obschon auch dann eine chemische Reaktion auftritt; nur geht sie so langsam vor sich, daß sie praktisch nicht in die Erscheinung tritt. Andernfalls wären viele organische Verbindungen unbekannt geblieben, wenn nicht die Trägheit der Kohlenstoffbindungen[6]) sie daran hinderte, mit großer Geschwindigkeit in den stabileren Zustand überzugehen, obwohl sie weit vom Gleichgewicht entfernt sind.

Dahin gehören auch die Abbau- und Umsetzungsreaktionen der Verbrennung in Luft oder Sauerstoff, die bei gewöhnlicher Temperatur erst in unendlich langer Zeit zur Umsetzung führen würden, während sie bei Temperaturerhöhung sehr schnell verlaufen. Die Verbrennung ist eine Reihe nach- und nebeneinander verlaufender Zerfall- und Abbaureaktionen, als deren Endergebnis die Bestandteile des sogenannten Wassergasgleichgewichtes, CO

[1]) Allner, Journ. f. Gasbel. Bd. 48 (1905) S. 1035.
[2]) Haber und Richardt, Journ. f. Gasbel. Bd. 47 (1904) S. 809; Z. f. anorg. Chemie Bd. 38 (1904) S. 5.
[3]) Haber, Thermodynamik technischer Gasreaktionen, München 1908; Nernst, Theoretische Chemie, Stuttgart 1926; Menzel, Theorie der Verbrennung, Dresden 1924.
[4]) Theoretische Chemie 11/15 A. S. 763.
[5]) Nernst, Theoretische Chemie 11/15 A. S. 678.
[6]) Nernst, Theoretische Chemie 11/15 A. S. 764.

Abb. 1
Verschiebung des Wassergasgleichgewichtes im Abkühlungsgebiet der Benzol-Luft-Flamme (Erstarren des Gleichgewichtes bei 1500 °)

$\varkappa_{gef.}$ gasanalytisch gefundene Gleichgewichtswerte
$K_{ber.}$ Konstante des Wassergasgleichgewichtes für die thermoelektrisch gemessene Flammentemperatur

1	Chemische Temperatur	2000°
2	1 cm über unterer Flamme	1612°
3	Aureole 3 cm unter oberem Rand	1461°
4	1 cm unter oberem Rand, $\varkappa$ gef. entspr.	1442°
5	Aureole 1 cm über oberem Rand	1084°
6	obere Flamme, 1 cm über oberem Rand	1111°

und H_2 neben CO_2 und H_2O übrigbleiben; diese reagieren wieder untereinander und mit dem Sauerstoff der Verbrennungsluft, so daß die Schlußreaktion der Verbrennung, unabhängig vom Ausgangsbrennstoff, eine Verbrennung der Wassergasflamme bildet[7]).

Die Temperatur, bei der die unendlich langsame Verbrennung in eine zeitlich begrenzte übergeht, ist der Zündpunkt und liegt bei festen Brennstoffen bei 250 bis 440 °, bei Flüssigkeiten bei 450 bis 650 ° und bei Gasen bei 500 bis 700 °. Die Verbrennungsprodukte reagieren wieder untereinander und streben den entsprechenden Gleichgewichten zu.

Gasgleichgewicht in Flammen

Über die Vorgänge in Flammen haben die Untersuchungen am Innenkegel der Bunsenflamme von Haber[8]) und seinen Schülern wesentliche Aufklärungen gegeben. So hat Allner[9]) gezeigt, daß bei der Kohlensäure-Wasserstoff- und der Kohlenoxyd-Wasserstoff-Flamme in Luft die Triebkraft der Reaktion nicht ausreicht, um unter 1200 ° das der Temperatur entsprechende Wassergasgleichgewicht zu erreichen, das sich bei der kohlenwasserstoffhaltigen Leuchtgasflamme leicht einstellt. Ein beschleunigender Einfluß ist aber im Innenkegel der Flamme auch hier vorhanden; er bewirkt, daß sich die Zusammensetzung der Abgase dem Gleichgewicht mehr nähert, als es ohne diesen beschleunigenden Einfluß der Fall wäre. Ferner eilt die Wasserstoffverbrennung der des Kohlenoxyds vor, und die Bildung von Wasserdampf dürfte unabhängig von der von Kohlensäure nach spezifischen Geschwindigkeiten verlaufen, wobei Wasserstoff und Kohlenoxyd in erster Phase ohne Rücksicht auf das Wassergasgleichgewicht reagieren, das sich erst in einer anschließenden Reaktion einstellt, wenn die Gase lange genug in der Verbrennungszone verweilen und der beschleunigende Einfluß dieser Zone dazu genügt.

Bei der Benzolluftflamme dagegen, deren Innenkegel etwa 1800 bis 2000 ° hat, wurde zwar unmittelbar über dem Innenkegel das Gleichgewicht erreicht, doch reagierten die Gase beim Durchlaufen des freien Raumes zwischen unterer und oberer Flamme des Flammenspalters noch weiter, bis das Gleichgewicht erreicht war, das etwa 1500 ° entspricht. Dann blieb das Gleichgewicht fest, und die Konstante änderte sich nicht mehr, auch wenn die Gase sich noch weiterhin abkühlten, s. Abb. 1.

[7]) Haber und Richardt, Z. f. anorg. Chem. Bd. 38 (1904) S. 5; Journ. f. Gasbel. Bd. 47 (1904) S. 809; Allner, Journ. f. Gasbel. B. 48 (1905) S. 1035; Aufhäuser, Brennstoff und Verbrennung, Berlin 1926.

[8]) Haber und Richardt, Z. f. anorg. Chem. Bd. 38 (1904) S. 5; Journ. f. Gasbel. Bd. 47 (1904) S. 809.

[9]) Allner, Diss. Karlsruhe 1905; Journ. f. Gasbel. Bd. 48 (1905) S. 1035; Berl und Werner, Z. f. angew. Chemie Bd. 40 (1927) S. 245.

Die Erscheinung wird im Anschluß an Gedankengänge, die Nernst[10]) kurz zuvor entwickelt hatte, theoretisch gedeutet. Wenn sich reagierende Gase nach Verlassen der Flammenzone abkühlen, so ändert sich ihre Zusammensetzung so lange, bis die mit der fallenden Temperatur rasch abnehmende Reaktionsgeschwindigkeit kleiner ist als die Gasgeschwindigkeit im Brennraum. Dieser Temperatur entspricht die Zusammensetzung der aus dem Flammenraum entweichenden Gase.

Das Ergebnis hat für die Verbrennungsvorgänge insofern praktische Bedeutung, als es zeigt, daß die Zeit eine erheblich größere Rolle spielt, als man bisher angenommen hat.

Bei Versuchen am Explosionsmotor mit Benzinbetrieb haben neuerdings Lowell und Boyd[11]) festgestellt, daß die Zusammensetzung der Abgase dem bei 1350 bis 1550 ° festbleibenden Gleichgewichte der Wassergasreaktion entspricht, während die Abgastemperaturen 1500 bis 1800 ° betragen; offenbar hat eine Nachreaktion außerhalb des Verbrennungsraumes stattgefunden.

Weitere Versuche von Haber[12]) und seinen Schülern zeigen, daß der Innenkegel der Flamme ein Gebiet bevorzugter Reaktionsgeschwindigkeit enthält, weil unmittelbar an seiner Zone die Ionisation erheblich größer ist als im schwachleitenden Zwischengas. Ubbelohde und Dommer[13]) haben diese Untersuchungen fortgesetzt und sich eingehender mit der Verbrennung des Kohlenoxyds befaßt; sie fanden, daß die Wassergasreaktion nach einem andern Geschwindigkeitswert verläuft als die Einstellung des Dissoziationsgleichgewichts von Kohlensäure und Wasserdampf, s. Abb. 2.

Nur 80 vH des eingeführten Kohlenoxyds verbrannten im Innenkegel der in Luft brennenden CO-Flamme; der Rest reagierte erst in der Abkühlzone unter Bildung einer Aureole, und der CO_2-Gehalt der Rauchgase näherte sich asymptotisch dem theoretischen Wert. Auch eine katalytische Beschleunigung der Kohlenoxydverbrennung im Sinne der Haberschen Ionisationstheorie trat bei der Kohlenoxydflamme ein. Die Reaktion dürfte auch durch die Verdichtung beschleunigt werden, die am Innenkegel infolge der schnellen Temperatursteigerung auftritt. Immerhin ist die Beschleunigung der Kohlenoxydverbrennung in dem Sinne, daß das Gleichgewicht der Kohlensäuredissoziation erreicht wird, noch ziemlich klein im Verhältnis zur Einstellung des Wassergasgleichgewichtes im Innenkegel von Kohlenwasserstoff-Flammen. Dies bestätigt die Arbeiten von Haber, Epstein und Krassa[14]), wonach am Innenkegel der Leuchtgasflamme eine größere Leitfähigkeit als am Innenkegel der Kohlenoxydflamme herrscht.

Eine bessere Einstellung des Gleichgewichts bei der Kohlenoxydflamme kann man nach Ubbelohde und Dommer[15]) durch Vorwärmung des Gemisches oder Verbrennung mit Sauerstoff erzielen. Wesentlich ist ferner

[10]) Boltzmann-Festschrift 1904, S. 904.

[11]) Industrial and Engineering Chemistry Bd. 17 (1925) S. 1217.

[12]) Journ. f. Gasbel. Bd. 52 (1909) S. 146.

[13]) Journ. f. Gasbel. Bd. 57 (1914) S. 764.

[14]) Z. f. phys. Chemie Bd. 71 (1910) S. 28.

[15]) Journ. f. Gasbel. Bd. 57 (1914) S. 764.

Abb. 2
Nachverbrennung des Kohlenoxyds der gespaltenen CO-Luft-Flamme, stöchiometrisches Gemisch

Zahlentafel 1. Höchste erreichbare Flammentemperaturen verschiedener Gase bei Verbrennung mit Sauerstoff unter gewöhnlichem Druck unter Berücksichtigung der Kohlensäure- und Wasserdampfdissoziation

Gas	Chemischer Vorgang	Wärmetönung, unterer Heizwert bei gleichbleibendem Druck und Zimmertemp.	Verbrennungswärme (Wärmeinhalt) der Verbrennungsprodukte, bez. auf 1 m³ bei 15° und 1 at	Verbrennung mit Sauerstoff			Verbrennung mit Luft		
				Dissoziationsgrad		Verbrennungstemp.	Dissoziationsgrad		Verbrennungstemp.
				CO_2	H_2O	t_{max}	CO_2	H_2O	t_{max}
		kcal/kgMol	kcal/m³	vH	vH	°C	vH	vH	°C
Wasserstoff	$H_2 + 1/2\, O_2 = H_2O$	+ 57 600	2360	—	28,2	3150	—	4,4	2130
Kohlenoxyd	$CO + 1/2\, O_2 = CO_2$	+ 68 000	2790	50,5	—	2675	15,4	—	2095
Methan	$1/3\, CH_4 + 2/3\, O_2 = 1/3\, CO_2 + 2/3\, H_2O$	+ 63 600	2610	79,4	19,2	3020	12,5	1,7	1950
Azetylen	$1/3\, C_2H_2 + 5/6\, O_2 = 2/3\, CO_2 + 1/3\, H_2O$	+ 100 700	4120	80,5	20,3	3105	26,4	4,3	2200
Azetylen	$1/3\, C_2H_2 + 1/3\, O_2 = 2/3\, CO + 1/3\, H_2$	+ 35 500	1510	—	—	4030	—	—	—
Stadtgas	Leuchtgas $+ 0,65\, O_2 = 0,3\, CO_2 + 0,7\, H_2O$	+ 64 000	2620	80,6	20,2	3030	14,0	1,9	1975

für die Kohlenoxydverbrennung die Anwesenheit von Wasserdampf. Vollkommen trockenes Kohlenoxyd zündet nicht, wie bereits Dixon[16]) nachgewiesen hat. Wasserstoff oder Wasserdampf beschleunigen katalytisch die Kohlenoxydreaktion, so daß bei derartigen Gemischen die Verbrennung erheblich weiter geht als bei reinem Gas. Der Wasserstoff hat eine größere Brenngeschwindigkeit als Kohlenoxyd; seine Verbrennung eilt daher der des Kohlenoxyds voraus, und die Wassergasreaktion beschleunigt dann die Kohlenoxydumsetzung. Ein vollkommenes Herausbrennen des Wasserstoffes aus einem Gemisch mit Kohlenoxyd (selektive Verbrennung) findet also im Gegensatz zu älteren Anschauungen nicht statt.

Flammentemperaturen

Diese Verhältnisse haben eine besondere Bedeutung für die Praxis der technisch erreichbaren Flammentemperaturen. Welche Flammentemperaturen verschiedene Gase unter Berücksichtigung der Dissoziation erwarten lassen, hat Pollitzer[17]) berechnet, Zahlentafel 1. Danach bleiben in der Kohlenoxydflamme etwa 15 vH Kohlenoxyd unverbrannt; tatsächlich liegen die Verhältnisse noch etwas ungünstiger, weil das Gleichgewicht nicht erreicht wird. Wasserstoff dagegen reagiert viel schneller, von ihm bleiben nur etwa 4 vH unzersetzt.

Nach Ubbelohde werden die thermodynamisch berechneten Flammentemperaturen nicht erreicht, weil die Reaktionsgeschwindigkeit nicht genügt und ein Teil des Heizwertes der Gase durch Nachbrennen in der Abkühlzone der eigentlichen Flammentemperatur verloren geht. Der Unterschied der berechneten gegenüber der im inneren Flammenkegel gemessenen Temperatur ist daher bei verschiedenen Flammen je nach dem Gas verschieden groß; er beträgt bei Wasserstoff — 70 °, bei Kohlenoxyd (stöchiometrisches Gemisch) — 500 °, bei Methan — 200 °, bei Azetylen — 130 °, bei Leuchtgas — 70 °.

Die Wasserstoffflamme ist bedeutend heißer als die Kohlenoxydflamme, obwohl der Heizwert des Wasserstoffs kleiner ist. Auch Flammen von Mischungen aus Leuchtgas und Wasserstoff sind heißer als solche aus Leuchtgas und Kohlenoxyd. Diese Verhältnisse werden verständlich, wenn man berücksichtigt, daß die Flammentemperatur dem Quotienten aus Verbrennungswärme und Wärmeinhalt der Verbrennungsprodukte, also Menge und spezifischer Wärme der Verbrennungsprodukte, entspricht. Bezieht man die Wärmemenge nicht auf die Einheit des Brennstoffes, sondern auf die Einheit des zur Verbrennung nötigen Sauerstoffes oder der Luft, so ergibt sich, worauf Nägel, Aufhäuser[18]), Plenz[19]) und Ricardo[20]) aufmerksam gemacht haben, daß mit der Volumeneinheit Luft oder Sauerstoff nur eine für die meisten Brennstoffe gleichbleibende höchste Wärmemenge erzielbar ist.

Bei den technischen Gasen sind Heizwert und Luftbedarf im allgemeinen verhältnisgleich. Zur vollkommenen Verbrennung sind etwa 0,9 bis 1,1 Vol. Luft für je 1000 kcal/m³ des unteren Heizwertes zu rechnen[21]). Je größer also die Menge der Verbrennungsprodukte und deren spezifische Wärme, um so niedriger ist die Flammentemperatur.

Bedeutung der Reaktionszeit

Für die technische Verbrennung genügt die Betrachtung der Gleichgewichtsverhältnisse in der Flamme allein nicht, sondern die Zeit spielt eine größere Rolle, als man allgemein annimmt. Auch die Reaktionen bei hohen Temperaturen brauchen bis zu ihrem Ablauf eine gewisse Zeit, die zwar sehr klein sein kann, aber nicht zu vernachlässigen ist.

Es treten also, um einen Gedanken von Nernst[22]) zu folgen, außer der treibenden Kraft noch Größen auf, die von der Natur der Reibung sind, und die Geschwindigkeit des Vorganges ist in jedem Augenblick der Kraft direkt und der Reibung umgekehrt proportional. Der Vorgang ähnelt also der Bewegung eines Massenpunktes mit sehr großer Reibung, und für den chemischen Umsatz ergibt sich eine Gleichung von der Form

$$\text{Reaktionsgeschwindigkeit} = \frac{\text{chemische Kraft}}{\text{chemischer Widerstand}},$$

ähnlich dem Ohmschen Gesetz.

Die chemische Kraft in jedem Augenblick ließe sich aus der Änderung der freien Energie berechnen; dagegen ist über den chemischen Widerstand noch recht wenig bekannt. Wir wissen nur so viel, daß die Brennstoffe unter dem Einfluß der Wärme das Bestreben haben, aus wärmeunbeständigen Verbindungen[23]) in wärmebeständige überzugehen, die dann weiter reagieren.

Reaktionsgeschwindigkeit bei der Vergasung und Verbrennung fester Stoffe

Erst in neuerer Zeit hat man sich mit der Reaktionsgeschwindigkeit bei der Verbrennung etwas eingehender beschäftigt. Nach dem Gesetz der chemischen Massenwirkung verlaufen Reaktionen um so langsamer, je weniger freie Moleküle der noch umzusetzenden Stoffe in der Raumeinheit vorhanden sind. Die Reaktionsgeschwindigkeit nähert sich mit abnehmender Konzentration nur asymptotisch dem Wert null. Man bestimmt daher die Reaktionsgeschwindigkeit häufig nach der Zeit, die bis zur Umsetzung eines bestimmten Anteiles des betreffenden Stoffes verfließt; nach einem Vorschlag von Rummel und Schack[24]) könnte man z. B., ähnlich wie in der Radiophysik, die Zeit bis zur Umsetzung der Hälfte der ursprünglich freien Stoffmenge als Halbwertzeit bezeichnen und annehmen, die Reaktionsgeschwindigkeit sei dieser Zeit umgekehrt proportional.

Durch Berührung mit festen Stoffen lassen sich Gasreaktionen stark beschleunigen, wie Bone[25]) gezeigt hat. Dabei scheinen die Oberflächenkräfte und bei höherer Temperatur auch die mit hoher Geschwindigkeit ausgesandten geladenen Ionen und Elektronen eine Rolle zu spielen. Diese beschleunigende Wirkung ist bei niedrigen und mittleren Temperaturen verschieden und von Stoff-

[16]) Ber. d. deutsch. Chem. Ges. Bd. 38 (1905) S. 2419.
[17]) Z. f. angew. Chem. Bd. 35 (1922) S. 684.
[18]) Brennstoff und Verbrennung, Berlin 1926, Bd. 1 S. 45.
[19]) „Gas- und Wasserfach" (GWF) Bd. 69 (1926) S. 1.
[20]) R. Ricardo, Schnellaufende Verbrennungsmaschinen, Berlin 1926, S. 21.
[21]) Plenz, GWF, Bd. 69 (1926) S. 1.
[22]) Theor. Chemie 11/15 A., S. 764.
[23]) Aufhäuser a. a. O.
[24]) Mitteilungen der Wärmestelle Düsseldorf Nr. 75.
[25]) J. Gaslight Bd. 3 (1910) S. 646; J. f. Gasbel. Bd. 54 (1911) S. 13

Abb. 3
Zersetzung von CO_2 in glühender Koksschicht beim Einblasen von Luft und Kohlensäure

Abb. 4
Zersetzung von Wasserdampf in glühender Koksschicht

und Gasart abhängig. Bei hohen Glühtemperaturen verschwinden die Unterschiede in der beschleunigenden Wirkung verschiedener Oberflächen, die bei niedriger Temperatur sehr augenfällig sind.

Die Zeit beeinflußt auch die katalytische Beschleunigung der Reaktion. Aus der Praxis wissen wir, daß die Entgasung von Koks in Schachtöfen, die von andern Brennstoffen und auch der technische Wassergasprozeß im allgemeinen nicht zum Gasgleichgewicht führen, sondern daß die Zusammensetzung der aus dem Reaktionsraum entweichenden Gase von der theoretischen des Gleichgewichts abweicht.

Auch die Unterschiede in der Verbrennlichkeit verschiedener Kokssorten gehören hierher. Arbeiten von Clement und Adam[26]) haben gezeigt, daß die Reaktionsgeschwindigkeit von Koks im Schachtofen in hohem Maße von der Geschwindigkeit der eingeblasenen Luft, also von der Dauer der Berührung zwischen Gas und festem Brennstoff abhängt. Je kürzer diese Zeit, um so weiter bleibt die Zusammensetzung der gebildeten Gase hinter der des Gleichgewichtes zurück. Neuerdings haben Vandaveer und Parr[27]) ähnliche Untersuchungen über den statt mit Luft mit Sauerstoff betriebenen Wassergasprozeß angestellt, die allerdings keinen hohen Grad von Genauigkeit beanspruchen können.

Ergebnisse der wertvollen Arbeiten von Clement und Adam zeigen Abb. 3 und 4. Darin sind in gleichem Maßstabe die wirklichen und die „scheinbaren" Gleichgewichtkonstanten aufgetragen, die bei verschiedenen Temperaturen und verschiedener Dauer der Berührung im Generatorgasprozeß beim Einblasen von Luft und im Wassergasprozeß beim Einblasen von Wasserdampf in eine glühende Koksschicht erreicht werden. Man erkennt, daß sich die Gase um so weiter vom Gleichgewicht entfernen, je kürzer die Berührung dauert.

Die Zusammensetzung der Gase bei der Zersetzung von Wasserdampf an einer glühenden Koksschicht bei 1000 °, 1100 und 1200 ° in Abhängigkeit von der Berührungszeit zeigen Abb. 5 bis 7, alle im gleichen Maßstab, aber in etwas anderer Darstellung; auch hieraus geht der große Einfluß hervor, den die Temperatur bei gleicher Dauer der Berührung auf den Ablauf der Reaktion hat. Wie weit dabei auch katalytische Einflüsse auf die Verschiebung des Gleichgewichtes in den oberen Brennstoffschichten Bedeutung haben, soll unerörtert bleiben.

In neuerer Zeit ist unsere Kenntnis der Verbrennungsvorgänge durch die Arbeiten von Rosin[28]) erheblich gefördert worden. Rosin hat zum ersten Mal die Größe der Kohlenstaubteilchen, die in einer Brennstaubfeuerung verbrennen, berechnet und daraus die Brennzeit, die Größe des Brennweges und den notwendigen Brennraum abgeleitet.

Die Brennzeit z in Sekunden, bezogen auf die Oberfläche F in mm² und das Gewicht G in mg des einzelnen Staubteilchens, ist

$$z = \frac{1000}{\left(\frac{F}{G}\right)^{1,8}}.$$

Abb. 5 bis 7
Zersetzung von Wasserdampf an einer glühenden Koksschicht in Abhängigkeit von der Berührungszeit

[26]) Bureau of Mines 1911 Bull. 7.
[27]) Ind. and Eng. Chem. Bd. 17 (1925) S. 1123.
[28]) „Braunkohle" Bd. 24 (1925) S. 241.

Für üblichen Braunkohlenstaub — Rückstand null auf Sieb 900, 2 bis 4 vH auf Sieb 2500, bis 10 vH auf Sieb 4900 — ist $z = 2$ s noch zulässig.

Die zulässige Belastung einer Brennkammer für Staubkohle ist dann

$$B = \frac{3600\, H_u}{V\, z} \text{ kcal/m}^3\text{h}.$$

Darin ist
H_u der untere Heizwert des Brennstaubes in kcal/kg,
V der Inhalt des Brennraumes in m³,
z die Brennzeit des größten Staubteilchens in s.

Für üblichen Braunkohlenstaub ist

$$B = \frac{338\,000}{z}.$$

Durch Abstrahlung werden bei 1500 ° Temperatur der Kammerinnenwände und 1400 ° Temperatur des Arbeitsraumes und des Arbeitsgutes, bezogen auf 1 m² Kammeroberfläche, stündlich rd. 100 000 kcal an das Arbeitsgut abgestrahlt, wovon etwa ¼ von der glühenden Gasmasse und etwa ¾ von den Kammerwänden stammen. Bei 2 s größter Brennzeit eines Staubteilchens beträgt die größte zulässige Belastung von 1 m³ der Brennkammer stündlich 218 000 kcal. Die Abhängigkeit der Brenndauer eines Brennstaubteilchens von der durch die Siebweite gegebenen Teilchengröße zeigt Abb. 8.

Die Verbrennung von Kohlenstaub in der Staubfeuerung braucht demnach eine erhebliche Zeit, die sich durch die Notwendigkeit bestimmt, das feste Brennstoffteilchen zunächst zu entgasen, zu zünden, die entstandenen Gase zu verbrennen und gleichzeitig den Entgasungsrückstand, der im wesentlichen ein Halbkoks ist, durch weitere Reaktion mit den entstandenen Wassergasen und der Verbrennungsluft zu vergasen und zu verbrennen. Hierbei beeinflußt die Diffusionsgeschwindigkeit den Ablauf der Reaktion erheblich.

Wahrscheinlich zünden, im Gegensatz zur landläufigen Anschauung, nicht die Gase zuerst; vielmehr kommt zunächst der als schwarzer oder grauer Körper wirkende Halbkoks ins Glühen, dadurch werden die Gase entzündet, und dann verbrennt der feste Brennstoff endgültig. Eine Stütze für diese Anschauung bildet die Beobachtung, daß in der Vorkammer mancher Braunkohlen-Kesselfeuerungen über dem Rost dauernd ein Funkenregen von glühenden Kohlenteilchen beobachtet werden kann, die erst im dahinterliegenden Brennraum zusammen mit den Gasen verbrennen.

Zündverzug und Brennzeit flüssiger Brennstoffe

Die Verbrennung flüssiger Brennstoffe hat in jüngster Zeit Neumann[29]) zum ersten Mal experimentell aufgenommen und einer exakten Behandlung zugänglich gemacht. Er fand bei Untersuchung der Vorgänge im kompressorlosen Dieselmotor, daß sich Gasöl beim Einspritzen in die durch Verdichten auf 400 bis 650 ° erhitzte Verbrennungsluft nicht sofort entzündet, sondern je nach der Versuchsanordnung einem Zündverzug unterliegt, der etwa fünf- bis achtmal länger dauert als die eigentliche Verbrennung und wesentlich von der Vorerhitzung sowie insbesondre von der Dichte der Luft abhängt. In einer Versuchsbombe mit ruhender Luft von rd. 15 at Anfangsdruck und 375 ° Temperatur setzte die Verbrennung von eingespritztem Gasöl erst nach 0,115 s ein, während die eigentliche Verbrennung, gemessen vom Beginn des Druckanstiegs bis zum Zeitpunkt des höchsten Drucks von 30,7 at abs, nur 0,020 s dauerte. An einer Deutzer, einer Körtingschen und einer Junkers-Maschine wurden Zündverzüge von 0,0181, 0,009 35 und 0,004 86 s gemessen.

Aus diesen Versuchen ist zu schließen, daß während des kleinsten Zündverzugs in der Bombe von 0,018 s nur 0,1 vH des Brennstoffes verdampft, also die Zündung selbst kein vorheriges Verdampfen bedingt. Indessen kann man das rasche Ansteigen der mittleren Wärmeübergangzahl mit der Lufttemperatur nicht allein auf Rechnung des physikalischen Vorganges der Wärmeübertragung setzen, da es auch durch die chemischen Vorgänge bis zur Zündung, vor allem durch die wachsende Reaktionsgeschwindigkeit unterstützt wird.

[29]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1071.

Abb. 8
Brenndauer von Kohlenstaubteilchen in Abhängigkeit von ihrer Größe

Die mittlere Wärmeübergangzahl α_m beträgt nämlich beim Wärmeübergang von Luft an gewöhnliche Körper nur etwa 4 bis 10 kcal/m²h °C, während z. B. beim Einspritzen von Gasöl von 50 ° in ruhende Luft von 8 at abs und 364 ° ein Zündverzug von 0,1130 s auftritt. Die zur Zündung erforderliche Wärmemenge beträgt 129 kcal/kg, was bei der Zündtemperatur von 265 ° der Wärmeübergangzahl von 230 kcal/m²h °C entspricht. Die Wärmeübergangzahl ist also hierbei mehr als 20mal größer als gewöhnlich, ein Zeichen, daß sich dabei noch andere Vorgänge als reine Wärmeleitung und Wärmeübertragung abspielen.

Die Durchmesser der Brennstofftröpfchen[30]) nach der Zerstäubung betragen rd. 0,01 mm. Von besonderm Einfluß auf den Verlauf der Verbrennung ist gute Wirbelung. Der Wärmeübergang zwischen Luft und Brennstoff beherrscht dagegen die Zündung. Die von Neumann gemessenen Zündverzüge beim Einspritzen in erhitzte Luft liegen, je nachdem ob Luftwirbelung angewandt wurde oder nicht, zwischen 0,004 86 und 0,0181 s bei den drei Dieselmaschinen und zwischen 0,01 und 0,6 s bei den Versuchen an der Bombe.

Versuche von Riehm[31]) zeigen, daß das Zerstäuben von Gasöltröpfchen von 0,305 mm Dmr. nach einer bestimmten Wegstrecke des Düsenstrahles einsetzt und erst nach dem dreifachen Weg eine Tropfengröße von 0,02 mm ergibt.

Bei der Ölfeuerung für Industrieöfen und Dampfkessel treten die gleichen Verhältnisse auf. Wirbelung und gute Mischung mit der Luft sind wichtiger als sehr feine Zerstäubung. Die Flamme setzt nicht unmittelbar hinter der Düse ein, sondern zwischen Düse und Flammenkegel liegt der sogenannte schwarze Raum, worin das Öl zerstäubt und auf die Zündtemperatur vorgewärmt wird.

Die gesamte Brennzeit in einem Dampfkessel mit 700 mm Flammrohrdurchmesser beträgt bei einem Verbrauch von 200 kg/h Teeröl und 3 m Flammenlänge 0,58 s. Die Brennzeit ist also erheblich länger als bei der Dieselmaschine. Bei der Deutzer Dieselmaschine fand Neumann bei normalem Einspritzbeginn 0,018 s Zündverzug, die Hauptverbrennung vom Eintritt der Zündung bis zum Erreichen des Höchstdruckes dauerte 0,0085 s, und die Brenngeschwindigkeit betrug 10,2 m/s. Die gesamte Brennzeit einschließlich Zündverzug betrug also 0,0266 s, d. h. etwa 1/20 der für die offene Ölfeuerung. Die Brenndauer ist also bei der Dieselmaschine erheblich kürzer als bei der Ölfeuerung. Die Wärmeausnutzung des Brennstoffes ist aber in der Ölfeuerung mit ihrer als Wärmespeicher wirkenden feuerfesten Ausmauerung etwa doppelt so hoch wie in dem mit gekühltem Brennraum arbeitenden Dieselmotor, wo die Zeit nicht ausreicht, um die Reaktion in der Abkühlzone völlig ablaufen zu lassen.

Reaktionszeit in Gasflammen und Gasexplosionen

Über die Dauer der Reaktionen in brennenden Gasen haben Messungen von Allner sowie von Ubbelohde und Dommer[32]) Aufschluß geliefert. Nach Allner dauert die Berührung zwischen Brenngas und Luft im Innenkegel der Bunsenflamme, als dessen Dicke mit

[30]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1090. Ein solches Öltröpfchen enthält rd. 1,43 Billionen Moleküle.
[31]) Z. Bd. 68 (1924) S. 643. [32]) a. a. O.

Haber und Richard 0,1 mm angenommen werden kann, bei den meisten Flammen einige Tausendstel Sekunden, bei der Kohlenoxyd-Wasserstoff-Sauerstofflamme 0,000 66 s, bei der Benzol-Luftflamme von 2000 ° 0,001 s; nach Ubbelohde und Dommer dauert im Innenkegel der Kohlenoxyd-Luftflamme die Berührung 0,0001 bis 0,000 01 s.

Nach diesen Messungen ist die Konstante K_3 der Reaktionsgeschwindigkeit der trimolekularen Reaktion

$$2\,CO + O_2 \rightleftarrows 2\,CO_2$$

$$K_3 = \frac{1}{t}\,\frac{x\,(a-x)}{2\,a^2\,(a-x)^2},$$

t die Dauer der Berührung der Gase an der Meßstelle in s,
x die in der Zeit t umgesetzte Menge von CO in Raumteilen,
a die Anfangskonzentration an CO im Gasluftgemisch in Raumteilen,
$(a-x)$ die Endkonzentration an CO an der Meßstelle im Abgas.

Die Dauer der Berührung im Innenkegel der CO-Luftflamme beträgt 0,000 037 bis 0,000 123 s, woraus sich $K_3 = 506$ und 152 ergab. In der Abkühlzone über dem Innenkegel war $t = 0{,}000\,058$ s und im Mittel $K_3 = 61{,}1$, also erheblich niedriger. Der beschleunigende Einfluß des Innenkegels auf die Reaktion geht auch aus diesen Messungen hervor.

Für die Geschwindigkeit der Reaktion in technischen Gasfeuerungen hat Rosin[33]) eine Rechnung aufgestellt. Er benutzt dazu seine Formel für die Berechnung der Brennzeit von Brennstaub und nimmt an, daß das Gesetz, wonach das Verhältnis des untern Heizwertes zum wirklichen Rauminhalt der Verbrennungsgase bei der theoretischen Grenztemperatur für alle festen Brennstoffe rd. 94 kcal/m³ beträgt, auch für Gasfeuerungen gilt. Für einen mit Gas beheizten Kessel, dessen Feuerraumbelastung 3 000 000 kcal/m³ h beträgt, ergibt sich dann für das Brenngas eine Brennzeit von rd. 0,1 s, also $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der Brennzeit des festen Brennstaubes.

Auf die Brennzeit in Großkraftfeuerungen kann man ferner aus Mitteilungen von Wolf[34]) über die Verbrennungsräume von Dampfkesseln gleicher Leistung schließen. Danach soll man für einen Hochleistungskessel von 485 m² Heizfläche bei Staubfeuerung, Abb. 9, 95 m³, bei Wanderrostfeuerung, Abb. 10, 43 m³ und bei Heizung mit Gichtgas, Abb. 11 und 12, nur fünf Flammrohre mit insgesamt 1 m³ Feuerrauminhalt brauchen, so daß sich die Brennräume wie 95 : 43 : 1 verhalten.

[33]) „Braunkohle" Bd. 24 (1925) S. 254.
[34]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1335.

Abb. 9 bis 12
Verhältnis der Verbrennungsräume von Kesseln gleicher Leistung nach Wolf, „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1385; Heizfläche der Kessel je 485 m²

Sieht man die Rosinsche Formel $B_{max} = \frac{338\,000}{z}$ auch für diese Fälle als gültig an, so betragen die Brennzeiten in der Staubfeuerung (nach Rosin) 1,25 s, in der Wanderrostfeuerung 0,58 s und in der Gichtgasfeuerung 0,0135 s.

Die Brenndauer in der technischen Gasfeuerung beträgt danach rd. $^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ s, also nur $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ von der in der Teerölfeuerung. Auch bei der Gasfeuerung beschleunigen gute Luftmischung und katalytisch wirkende Ausmauerung des Brennraumes den Ablauf der Reaktion.

Die Verbrennung im schnellaufenden Kraftwagenmotor verläuft ähnlich wie bei der stehenden Explosion im Innenkegel der Bunsenflamme. Eine überschlägliche Rechnung ergibt Brennzeiten von $^1/_{1000}$ s und weniger, während ein Zündhub etwa 0,04 s dauert; sie beträgt also $^1/_{10}$ und weniger von der Brennzeit in offenen Gasfeuerungen. Auch hier ist aber die thermische Ausnutzung ungünstiger als in der Feuerung.

Die mitgeteilten Brennzeiten gelten nur für annähernd homogene Gasluftmischungen, die im Innenkegel der Bunsenflamme brennen, sind daher praktisch auch für die Gasfeuerung vorerst nur Grenzwerte. In explodierenden Gasen verlaufen die Reaktionen noch schneller. Der eigentlichen Explosionswelle pflegt dabei gewöhnlich ein Nachbrennen der aus der Explosion übriggebliebenen dissoziierten Gase (Wassergas) zu folgen.

Versuche von Nernst und Cassel[35]) ergaben, daß die durch adiabatisches Verdichten erfolgende Selbstzündung verschiedener Gemische von Wasserstoff und Sauerstoff einen Zündverzug von 0,01 s hat, ehe die Explosion zur vollen Wirkung kommt. Die Explosion selbst dauert nach Dixon nur 10^{-5} s[36]).

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme bei der Explosion ist neuerdings von Stevens[37]) am Beispiel von Kohlenoxyd-Sauerstoffgemischen neu bestimmt worden. Bezeichnen [CO] und [O_2] die Konzentrationen der beiden Gase, so ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reaktion

$$s = k_1\,[CO]^2\,[O_2]\ \text{cm/s}.$$

Die Konstante k_1 ergab sich zu 692 für wasserdampfgesättigtes Kohlenoxyd bei 1 at Druck und zu 415 für chemisch getrocknetes Kohlenoxyd. Etwas unterhalb dieses Wertes verläuft die Reaktion so langsam, daß sie keine Flamme mehr unterhalten kann. Für die gleichen Gase CO und O_2 kann die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reaktion 30 bis 300 000 cm/s betragen. Unter der Annahme, daß die Reaktionszone auch in diesem Falle 0,1 mm Dicke hat, berechnet sich die Brennzeit von 0,0003 s bis zum Tausendfachen dieses Wertes.

Vergleich der Brennzeiten fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe

Eine Zusammenstellung der von den verschiedenen Beobachtern ermittelten Werte von Zündverzug und Brennzeit für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe enthält Zahlentafel 2. Bei Brennstaub, wo die Entgasung des Brennstoffes und die Verbrennung der entstandenen Gase und des entschwelten Halbkokses in einem Arbeitsvorgang und im Schweben der Brennstoffteilchen erfolgt, dauert die Verbrennung einschließlich der Zündung 1 bis 2 s.

Bei einem Wanderrost für Steinkohlen sind die Verbrennung der Gase im Feuerraum sowie Entgasung, Vergasung und Verbrennung des Koksrückstandes auf dem Rost getrennt. Der Brennraum ist daher erheblich kleiner, und das Anwärmen und Entgasen der Kohle sowie das Verbrennen der entstandenen Gase im Brennraum dauern nur

[35]) Ann. d. Phys. Bd. 51 (1916) S. 651.
[36]) Rummel und Schack, Mitt. d. Wärmestelle Nr. 75.
[37]) Z. Bd. 70 (1926) S. 659.

Zahlentafel 2. Zündverzug und Brennzeit verschiedener Brennstoffe

Brennstoff	Verbrennung mit	Art des Brennraumes	Zündverzug s	Hauptbrennzeit s	Gesamtbrennzeit s	Temperatur der Flamme °C	Beobachter
Kohlenstaub*)	Luft	Brennstaubfeuerung	—		1,125 bis 2,0	≷2034	Rosin
Steinkohle	„	Wanderrost	—		0,58	—	Wolf
Teeröl	„	Dampfkessel	—		0,2 bis 0,6	≷2500	Allner
Gasöl	„	Versuchsbombe	0,115	0,020	0,125	—	Neumann
„	„	Dieselmaschine Deutz	0,018	0,0085	0,026 5	—	„
„	„	„ Körting	0,009 35	—	—	—	„
„	„	„ Junkers	0,004 86	—	—	—	„
Gichtgas	„	Dampfkessel	—	—	0,013 5	—	Wolf
Wasserstoff-Kohlensäure	„	Innenkegel der Bunsenflamme	—	—	0,001 2	1000	Allner
Wasserstoff-Kohlensäure	Sauerstoff	„	—	—	0,000 66	1660	„
Wasserstoff-Kohlenoxyd	Luft	„	—	—	0,001 22	1083	„
Kohlenoxyd	„	„	—	—	0,000 057	~ 1700	Ubbelohde u. Dommer
Methan-Wasserstoff	„	„	—	—	0,001	1400	Allner
Methan-Wasserstoff-Kohlensäure	„	„	—	—	0,003 56	1246	„
Leuchtgas	„	„	—	—	0,001 05	1392	„
Leuchtgas-Kohlensäure	„	„	—	—	0,005 2	1207	„
Benzol-Wasserstoff-Kohlensäure	„	„	—	—	0,004 15	1280	„
Benzol-Wasserstoff	„	„	—	—	0,004 45	1474	„
Benzol	„	„	—	—	0,008 25	~ 2000	„
Wasserstoff	Sauerstoff	Explosion im Rohr	—	—	0,000 01	—	Dixon
Wasserstoff	„	Selbstzündung durch Verdichtung	0,01	—	—	—	Cassel
Kohlenoxyd	„	Explosion in der Seifenblase	—	—	0,000 3 bis 3×10^{-7}	—	Stevens

*) Korngröße 0,13 mm.

noch halb so lange wie bei der Staubfeuerung, während der Koksrückstand auf dem Rost genügend Zeit hat, zu verbrennen; die Brennzeit des festen Rückstandes liegt bei rd. 200 mm/min Geschwindigkeit des Rostes etwa bei 1000 s.

Bei der Teerölfeuerung von Dampfkesseln beträgt die Gesamtbrennzeit je nach Zerstäubung und Luftmischung 0,2 bis 0,6 s. Das erklärt, warum die Teerölfeuerung eine höhere Belastung der Kesselheizfläche als die Kohlenfeuerung gestattet.

Beim Dieselmotor liegt die Gesamtbrennzeit, je nach Einspritzung des Gasöls ohne oder mit Luftwirbelung, zwischen 0,1 s und einigen Tausendsteln Sekunden. Von dieser Zeit entfallen auf den Zündverzug mehr als zwei Drittel, während sich die eigentliche Verbrennung in einem Sechstel bis einem Halben der Dauer des Zündverzuges vollzieht und einige Hundertstel bis 0,001 s beträgt. Man kann ohne großen Fehler annehmen, daß auch bei der Teerölfeuerung ein ähnliches Verhältnis zwischen Zündverzug und eigentlicher Verbrennung obwaltet.

Es verdient Beachtung, daß der Zündverzug flüssiger Brennstoffe ähnliche Größenordnung hat wie der bei Selbstzündung von Gasen durch Verdichten, der nach Cassel 0,01 s beträgt. Anderseits sind die Hauptbrennzeiten flüssiger Brennstoffe im Dieselmotor (z. B. 0,0085 s bei der Deutzer Maschine) von ähnlicher Größe wie die Brennzeiten im Innenkegel von Kohlenwasserstoff-Flammen. Die Übereinstimmung mit dem in Luft brennenden Benzoldampf ist um so auffallender, als auch die theoretischen Flammentemperaturen ähnlich hoch sind. Die Benzolluftflamme hat rd. 2000 °, während die theoretische Grenztemperatur der Gasölflamme nach den neueren Formeln von Schack[38]) rd. 2500 ° beträgt.

Je besser das Gas mit der gesamten erforderlichen Luft- und Sauerstoffmenge gemischt wird und je höher die Vorwärmung und dadurch die Wärmekonzentration in der Flamme ist, desto höher kann die Flammentemperatur steigen. Bei hohen Temperaturen spielen auch die Strahlung[39]) der Flamme und die rasche Abführung der Verbrennungsprodukte eine Rolle.

Tiefer kann man in die Verbrennungsvorgänge eindringen, wenn man genauere Aufschlüsse über die wirkliche Dicke der reagierenden Schicht und der darin ablaufenden Vorgänge erlangt. Vorerst scheint es zulässig, mit den angegebenen Werten zu rechnen.

[38]) Mitt. d. Wärmestelle Düsseldorf Nr. 87.
[39]) Mitt. d. Wärmestelle Düsseldorf Nr. 50.

Ähnlichkeit von Gasflammen und Flüssigkeiten

Die Vorgänge in heißen Gasen haben übrigens viel Gemeinsames mit den physikalischen Vorgängen in Flüssigkeiten und Salzlösungen. Man kann bei hohen Temperaturen reagierende Gasmassen als Flüssigkeiten von verhältnismäßig kleiner Dichte ansehen. Nach Nernst[40]) kann man die Vorgänge in Flammen und Explosionswellen nach den für Flüssigkeiten geltenden Gesetzen berechnen. Und Haber[41]) hat bewiesen, daß die Reaktionszonen brennender Gase genau so wie die Oberflächen fester Stoffe, auf deren katalytische Wirkung Bone, Ubbelohde und Dommer hinweisen, als Gebiete ausgezeichnet sind, worin sich die Ionisation der Gase schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur bemerkbar macht. Während aber in einer wässerigen Salzlösung die Ionen bereits vorhanden sind, werden sie in Gasen bei der Temperatur der Flamme während des Reaktionsvorganges erst geschaffen. Das spezifische Leitvermögen in der Reaktionszone von Flammen entspricht etwa dem einer $^{1}/_{100}$ normalen Salzlösung.

Daß sich die Verhältnisse in Flammen sehr weitgehend nach den für Flüssigkeiten geltenden Gesetzen behandeln lassen, haben Nägel[42]) durch die Versuche am Zylinder der Dieselmaschine sowie Grum-Grzymajlo[43]) und Dawidowski[44]) durch Versuche über die Strömung im Siemens-Martin-Ofen nachgewiesen. Auch die bekannten Auswaschungen der Schamotteverkleidung von Feuerraumwänden bei Wärmestauung in Industrieöfen gehören in dieses Gebiet.

Praktische Folgerungen

Die Verbrennung in Feuerungen jeder Art hat, dies ist das Ergebnis der neueren Entwicklung, einen Geschwindigkeitsfaktor von endlichem Wert, den man nicht vernachlässigen kann. Im praktischen Betrieb wird der Außenkegel der Flamme wesentlich beeinflußt durch die Geschwindigkeit des Gasluftgemisches und die Diffusionserscheinungen. Diese Verhältnisse gelten ähnlich für Gasfeuerungen sowie für Ölfeuerungen und wahrscheinlich auch für Staubfeuerungen, und darum sind die Brennzeiten der technischen Flammen unter gewöhnlichem Druck verhältnismäßig größer, als die unter besonderen Be-

[40]) Physik.-chemische Betrachtungen über den Verbrennungsprozeß, Berlin 1905.
[41]) Journ. f. Gasbel. Bd. 52 (1909) S. 146.
[42]) Z. Bd. 67 (1923) S. 733.
[43]) „Stahl und Eisen" Bd. 31 (1911) S. 2000.
[44]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1265.

dingungen auftretenden Grenzwerte bei Dieselmaschinen und Gasexplosionen. Brennstoff- und Luftgemisch müssen zunächst von der Zimmertemperatur auf die Zündtemperatur des Brennstoffs vorgewärmt werden; dann folgt die Zündung und die Verbrennung, die sehr schnell verläuft, und im Rauchgasluftgemisch reagieren die Gase untereinander weiter, bis das Gleichgewicht praktisch fest bleibt, während die Gastemperatur weiter sinkt, bis die Gase den Feuerraum verlassen.

Die Technik der Feuerungen hat hiervon längst Gebrauch gemacht, ohne daß die theoretischen Zusammenhänge näher bekannt gewesen wären. Die alte Siemenssche Theorie von der freien Flammenentfaltung gewinnt im Zusammenhang mit der Reaktionsgeschwindigkeit brennender Gase und ihrer Beschleunigung durch feste Stoffe und im Zusammenhang mit neueren Arbeiten über die Gasstrahlung von Flammen[45]) eine neue Bedeutung.

Bei Brennstaub, dessen Brennzeit zwischen 1 und 2 s liegt, hat die Praxis zur Ausbildung großer Brennräume mit Zündgewölben und zur Kühlung der Kammerwände geführt, in Verbindung mit weiten Austrittöffnungen aus dem Brennraum, die das Abstrahlen eines großen Anteils von Wärme an den Arbeitsraum ermöglichen.

Bei Teeröl, dessen Brennzeit einige Zehntel Sekunden beträgt, können die Brennräume kleiner sein; Zündgewölbe sind aber auch hier zum Beschleunigen der Reaktion nötig. Man findet sie daher bei großen bis zu mittleren und sogar kleineren Ölfeuerungen.

Allgemeinster Anwendung fähig ist die Gasfeuerung, deren Brennzeit etwa ein Fünftel und weniger von derjenigen der Ölfeuerung beträgt. Beim Verfeuern armer Gase sind aber auch hier Zündgewölbe zur Beschleunigung der Reaktion erwünscht. Bei hochwertigen Gasen, wie Leuchtgas, die schnell genug reagieren, braucht man sie nicht. Die Gasfeuerung, die in der Form der Leuchtgasfeuerung auch für kleinste Heizzwecke Anwendung findet, braucht vor allem freie Flammenentfaltung ohne zu schnelle Berührung der Flamme mit kalten Flächen. Diesem Zweck dient z. B. in Badeöfen der freie Raum über der Flamme. Die Wärme wird bei diesen Kleinfeuerungen, die mit dünnen Flammenschichten arbeiten, wohl wesentlich durch Wirbelung und Berührung übertragen.

[45]) Mitt. d. Wärmestelle Düsseldorf Nr. 55.

Zu unterscheiden ist bei allen Feuerungen zwischen solchen, bei denen man nach vollkommener Verbrennung strebt, der Mehrzahl aller industriellen Feuerungen, und solchen, die, wie gewisse metallurgische Öfen, mit unvollkommener Verbrennung, also mit reduzierender Atmosphäre arbeiten. Für die höchste Wärmeausnutzung ist es wesentlich, die höchste Wärmeentwicklung in den Brennraum zu verlegen, den Gasen aber nach dem Verlassen der Flammenzone Zeit zur Nachreaktion zu geben und diese Nachreaktion durch Berührung mit heißen Flächen zu beschleunigen, damit sich das Abgasgleichgewicht möglichst nach der Seite der Kohlensäure hin verschiebt und der Anteil der niemals ganz fehlenden unverbrannten Gase klein wird. Diese Forderung läuft parallel der Erzielung einer hohen Kohlensäurekonzentration in den Abgasen.

Die Heizung mit reinem Kohlenoxyd kommt in der Praxis, wenn überhaupt, nur ganz selten in Frage, da es sehr langsam reagiert. Alle technischen Gase enthalten aber neben Kohlenoxyd noch Wasserstoff, der ebenso wie Wasserdampf die Kohlenoxydverbrennung um so stärker beschleunigt, je höher seine Konzentration ist.

Da die Diffusionsgeschwindigkeit der Gase auch in Flammen gegenüber der Brenngeschwindigkeit nur klein ist, so treten unverbrannte Gase auch neben Sauerstoffresten in Feuerungen mit ungenügender Mischung auf. Gute Mischung der Brenngase mit der Verbrennungsluft ist daher eine Hauptforderung für die vollkommene Verbrennung.

Von der weiteren Aufklärung dieser Zusammenhänge unter Berücksichtigung der neueren Anschauungen über die Strahlung heißer Gase, auf die in den vorstehenden Ausführungen nicht näher eingegangen werden konnte, ist eine Erweiterung unsrer Kenntnis der Verbrennungsvorgänge und eine Einwirkung auf die Praxis der Feuerungstechnik zu erwarten. [B 2588]

Überlegenheit des Stangenantriebes gegenüber dem Einzelachsantrieb

Wie die Elektrotechnische Zeitschrift vom 13. Januar 1927 berichtet, hat sich bei kürzlich angestellten Versuchsfahrten zwischen einer leichten und einer schweren Schnellzuglokomotive eine Überlegenheit der leichten Lokomotive gezeigt, die hauptsächlich durch die günstigeren Adhäsionsverhältnisse der gekuppelten Achsen erklärt werden kann. Die leichte Schnellzuglokomotive konnte selbst in der Steigung einen auseinandergezogenen 750 t schweren Zug anstandlos zum Anfahren bringen, während die schwere Schnellzuglokomotive trotz eines geringeren Zuggewichtes Mühe hatte, die erforderlichen Geschwindigkeiten zu erreichen.

Die Zugleistung der leichten Schnellzuglokomotive, die bereits aus den Jahren 1923/24 stammt, kommt sogar der einer mit viel stärkeren Motoren und Einzelantrieb ausgerüsteten Versuchslokomotive gleich, die erst kürzlich mit allen Mitteln der gegenwärtigen Technik gebaut wurde, Zahlentafel 1. Die drei Lokomotiven sind für 20 t Treibachsdruck und 110 km/h Geschwindigkeit gebaut. Die Versuchsfahrten fanden bei feuchtem Wetter statt. Die Einhaltung des Fahrplanes verlangte Geschwindigkeiten von mehr als 100 km/h.

Zahlentafel 1. Einzelheiten der drei für Vergleichsversuche herangezogenen elektrischen Schnellzuglokomotiven

Verwendungszweck der Lokomotiven	Versuchslokomotive	Schwere S-Lokomotive	Leichte S-Lokomotive
Achsanordnung	$2\,D_0\,1$	$1\,D_0\,1$	2 C 2
Stundenleistung PS	4000	2860	3000
Art des Antriebes	Einzelachs (Westinghouse)	Einzelachs (Buchli)	Dreieckrahmen
Zahl der Motoren	8	4	1
Art der Motoren	normal	Widerstandsverbinder	Bauart Bergmann
Baujahr	1926	1925/26	1923/24
Hersteller des elektr. Teiles	AEG	Brown, Boveri & Cie.	Bergmann E.-W.
„ „ mechan. „	„	Krauß	Schwartzkopff
Zuggewicht t	756	650	748

Man sieht aus Zahlentafel 1, daß die Motorleistung der leichten Schnellzuglokomotive etwa 5 vH größer ist als bei der schweren Schnellzuglokomotive. Der Motor soll außerdem noch bei der leichten Lokomotive etwa 15 vH reichlicher bemessen gewesen sein, als hier angegeben ist, so daß das oben zugunsten des Antriebes mit gekuppelten Achsen Gesagte etwas abgeschwächt wird. Immerhin scheint aus den Versuchen hervorzugehen, daß die rollende Reibung dreier gekuppelter Achsen etwa gleich der von vier einzeln angetriebenen Achsen gesetzt werden darf. Es bleibt aber abzuwarten, welches Ergebnis eingehendere Versuchsfahrten haben werden, bei denen man sich eines Meßwagens bedient, um die wirklichen Leistungen und Zugkräfte genau festzustellen.

[N 119] Gs.

Untersuchungen an neuzeitlichen mehrgehäusigen Dampfturbinen

Von E. Josse, Charlottenburg

(Schluß von S. 350)

Abb. 9. Dreigehäusige Dampfturbine von Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim

Dreigehäusige Brown-Boveri-Turbine von 10 000 kW im Elektrizitätswerk Bielefeld

Die Firma Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim, und das Elektrizitätswerk Bielefeld haben dem Verfasser die dort im Betrieb befindliche neue Mehrgehäuseturbine zu Messungen zur Verfügung gestellt, nachdem die Abnahmeversuche erledigt waren. Diese Kondensationsturbine ist für Frischdampf von 11,5 at und 300 °C und für 3000 Uml./min gebaut. Die Bauart der untersuchten Turbine darf als bekannt vorausgesetzt werden[1]). Den Aufbau der untersuchten Turbine zeigt Abb. 9; Anzahl und Abmessungen der Stufen und ihre Verteilung auf das erste, zweite und das doppeltendige Niederdruckgehäuse sind aus Zahlentafel 3 zu entnehmen.

Die durch diese Turbine verwirklichte Dampfausnutzung darf besondere Beachtung beanspruchen, weil die Turbine mit Ausnahme eines einzigen Gleichdruckrades im ersten Gehäuse ausschließlich mit Überdruckstufen arbeitet, diese demnach auch bei kleinerem Dampfvolumen und bei Drücken verwendet, die die Verluste durch Undichtheit bei Überdruckschaufeln erhöhen können.

Bei den Bielefelder Versuchen wurden die Messungen am elektrischen Teil von Dipl.-Ing. Riepe, Oberingenieur am elektrotechnischen Versuchsfeld der Technischen Hochschule Charlottenburg, ausgeführt. Außer der Klemmenleistung des Stromerzeugers während der Dampfverbrauchversuche wurden durch besondere Versuchsreihen die Stromerzeugerverluste ermittelt und, da Stromerzeuger und Turbine entkuppelt werden konnten, auch der Arbeitsaufwand für Lagerreibung, Regler und Ölpumpenantrieb der Turbine gemessen, der sich zu 158 kW ergab. Danach beträgt der mechanische Wirkungsgrad der Turbine bei Vollast 98,6 vH. Auf Grund dieser Messungen sind für jeden Dampfverbrauchversuch neben der Leistung an den Dynamoklemmen die Nutzleistung der Turbine an der Dynamokupplung und die innere Leistung der Turbine an der Welle berechnet.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 714.

Zahlentafel 3. Schaufelung der Dampfturbine von Brown, Boveri & Cie., A.-G.

Gehäuse	I	II	III (geteilt)
Stufenzahl und Durchmesser	1 G 1000 mm 11 Ue 690 „	12 Ue 820 mm	10 Ue 1005/1225 mm
Umfangsgeschwindigkeit u m/s	1. Rad 157 übrige Räder 108,3	128,7	1. Rad 157,7 letztes Rad 192,5
Σu^2 . . . . m^2/s^2	153 670	198 770	309 350
	für die ganze Turbine 661 790		

G = Gleichdruck Ue = Ueberdruck.

Versuchsergebnisse

Es wurden fünf Versuche mit verschiedenen elektrischen Belastungen zwischen Leerlauf und Vollast durchgeführt; dabei wurde die Belastung annähernd bei Vollast und Halblast so eingestellt, daß zwei Regelventile oder ein Regelventil ganz geöffnet war, also Drosselung möglichst vermieden wurde. Die wichtigsten Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 4 zusammengestellt. Bei Vollast ergab sich ein thermodynamischer Wirkungsgrad von 83,55 vH, bezogen auf die Leistung an der Dynamokupplung und auf Dampfzustand vor dem Haupteinlaßventil der Turbine. Bezogen auf die innere Leistung der Turbine beträgt der erreichte Wirkungsgrad 84,7 vH, bezogen auf die Klemmenleistung 80,0 vH.

Die genannten thermodynamischen Wirkungsgrade wurden mit der Gütezahl von rd. 3200 für die ganze Turbine erreicht. Der entsprechende Wert für die spezifische Umfangsgeschwindigkeit beträgt 0,62. Dazu beträgt bei Vollast das sekundliche Frischdampfvolumen 3,5 m^3 bei 12,43 at abs und 323 °C am Haupteinlaß, das Abdampfvolumen 237 m^3/s bei 8,7 vH Feuchtigkeit. Infolge des niedrigen Anfangsdruckes und der mäßigen Dampftemperatur ist die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung beschränkt; der Rückgewinnungsfaktor beträgt bei dieser Turbine etwa 1,04.

Von besonderem Interesse ist das thermodynamische Verhalten der Turbine im ersten Gehäuse, weil die neue Bauart von Brown, Boveri & Cie. auch hier weitgehend mit Überdruckschaufeln arbeitet, also diese auf ein Gebiet ausdehnt, wo geringe Dampfvolumina bei höheren Drücken zu verarbeiten sind. Aus diesem Grunde sind in Zahlentafel 4 die Meßergebnisse der Turbine am ersten Gehäuse und am Mittel- und Niederdruckteil mitgeteilt. Von einer Teilung der Messungen am Mittel- und am Niederdruckteil mußte Abstand genommen werden, da im Überströmrohr zwischen diesen Gehäusen keine Überhitzung des Dampfes festgestellt wurde, also der Dampfzustand nicht ermittelt werden konnte. Dagegen wurde der Druckverlauf in der Turbine hinter dem Gleichdruckrad und hinter jedem Gehäuse bei jeder Belastung ermittelt. Dieser Druckverlauf ist in Abb. 10 in Abhängigkeit vom stündlichen Dampfgewicht aufgetragen. Man erkennt, daß auch bei Vollast im Gleichdruckrad und im ersten Gehäuse ein erheblicher Anteil des Druckgefälles verarbeitet wird; das am ersten Gehäuse ausgenutzte Wärmegefälle beträgt bei Vollast etwa 30 vH des Gesamtgefälles.

Für das erste Gehäuse beträgt der innere Wirkungsgrad, berechnet aus Druck und Temperatur, bei Vollast 81,5 vH, die Parsonssche Kennzahl 2490

Zahlentafel 4. Versuchsergebnisse der Turbodynamo in Bielefeld vom 2. Juli 1926

Versuch . . . Nr.	1	2	3	4	5
Belastung . . . rd.	1/1	3/4	1/2	1/4	0
Barometerstand bei 0° C . . . mm Q.-S.			755,6		
Versuchszeit . . .	10^{32}—11^{45}	12^{46}—1^{45}	2^{33}—3^{28}	4^{22}—4^{54}	5^{20}—5^{50}
Drehzahl . . . Uml./min			rd. 3000		
Leistung an den Dynamoklemmen . . . kW	10 866	7 813	6 498	2 610	0
Gesamtverluste in der Dynamo . . . „	486	419	402	331	200
Leistung an der Dynamokupplung (Nutzleistung der Turbine) „	11 352	8 232	6 900	2 941	200
Lagerreibung, Regler- und Ölpumpen-Antrieb der Turbine „	158	158	158	158	158
Leistung an der Turbinenwelle (innere Leistung d. Turbine) „	11 510	8 390	7 058	3 099	358
Wirkungsgrad der Dynamo . . . vH	95,72	94,90	94,17	88,75	0
Gesamtdampfverbrauch der Turbodynamo . . . kg/h	57 010	42 110	35 040	16 940	3 960
Spezifischer Dampfverbrauch					
bezogen auf Leistung an den Dynamoklemmen . . kg/kWh	5,245	5,390	5,397	6,492	∞
„ „ „ „ der Dynamokupplung . . „	5,020	5,115	5,080	5,760	19,80
„ „ „ „ „ Turbinenwelle . . . „	4,955	5,020	4,965	5,465	11,06
Druck					
vor Haupteinlaßventil der Turbine . . . at abs	12,43	12,47	12,40	12,79	12,36
hinter Regelventil 1 und im Düsenraum 1 . . . „	12,34	12,04	12,25	5,88	—
„ „ 2 „ „ „ 2 . . . „	12,34	7,62	5,88	2,83	—
„ dem 1. Rad des 1. Gehäuses . . . „	9,58	7,02	5,83	2,78	—
Austritt 1. Gehäuse . . . „	4,20	3,07	2,53	1,23	—
Eintritt 2. „ . . . „	—	3,07	2,48	1,20	0,243
Austritt 2. „ . . . „	1,035	0,785	0,648	0,310	0,090
Eintritt 3. „ . . . „	1,035	0,785	0,631	0,303	0,084
Dampftemperatur					
vor Haupteinlaßventil der Turbine, Thermoelement . . . °C	323,5	327,7	332,3	335,6	316,2
Quecksilberthermometer, abgelesen . . . „	322,2	325,6	329,2	331,2	304
„ berichtigt nach Eichung . . . „	320,7	324,1	327,6	329,6	303
einschl. Fadenkorr. . . .	323,9	326,3	331,2	333,3	305,4
im Düsenraum 1, entsprechend Drosselkurve . . . „	323	327	332	328	
Austritt 1. Gehäuse . . . „	211,0	202,8	189,5	186,5	181,5
Eintritt 2. „ . . . „	209,9	200,6	186,9	183,6	178,7
Austritt 2. „ . . . „	—	91,8	86,6	73,7	84,2
Eintritt 3. „ . . . „	100,2	92,0	86,6	72,7	80,3
Oben im Abdampfstutzen:					
Dampftemperatur { rechts I . . . °C	43,51	40,55	38,75	32,62	60,2
Dampftemperatur { „ II . . . „	43,73	40,55	38,65	32,50	65,5
Druck rechts I { gemessen . . . mm Q.-S. abs	66,6	58,4	52,7	38,3	35,3
Druck rechts I { entspr. d. gemess. Dampftemp. „	66,6	57,0	51,8	37,0	—
„ rechts II { gemessen . . . „	—	58,6	53,5	38,6	37,0
„ rechts II { entspr. d. gemess. Dampftemp. „	67,3	57,0	51,5	36,7	—
links II gemessen . . . „	66,8	58,8	53,8	39,0	—
Mittlerer Druck . . . at abs	0,0908	0,0788	0,0716	0,0516	0,0491
Wärmeinhalt des Dampfes vor Haupteinlaßventil (Temperatur nach Thermoelement) . . . kcal/kg	738,5	740,3	743,2	744,2	734
Spezifischer Wärmeverbrauch (bez. auf 0° C)					
an den Dynamoklemmen . . . kcal/kWh	3 870	3 990	4 010	4 830	∞
an der Dynamokupplung . . . „	3 710	3 790	3 775	4 290	14 540
an der Turbinenwelle . . . „	3 660	3 720	3 690	4 070	8 120
Thermischer Wirkungsgrad der Turbine					
bezogen auf Nutzleistung . . . vH	23,20	22,70	22,80	20,05	5,92
„ „ innere Leistung . . . „	23,50	23,12	23,31	21,13	10,59
Thermischer Wirkungsgrad der Turbodynamo, bezogen auf Klemmenleistung . . . „	22,20	21,56	21,45	17,80	0
Adiabatisches Gefälle für die ganze Turbine, bezogen auf Zustand vor Haupteinlaß (Tafel von Knoblauch) . kcal/kg	205,0	210,5	214,0	224,8	220,5
Dampfverbrauch bei adiabatischer Expansion . . . kg/kWh	4,196	4,088	4,020	3,826	3,900
Thermodynamischer Wirkungsgrad der Turbine					
bezogen auf innere Leistung . . . vH	84,70	79,95	81,00	70,00	35,50
„ „ Leistung an der Dynamokupplung . . . „	83,55	81,45	79,10	66,40	19,70
Thermodynamischer Wirkungsgrad der Turbodynamo, bezogen auf Klemmenleistung . . . „	80,00	75,85	74,50	59,00	0
Ausgenutztes Gefälle in der Turbine, entsprechend der inneren Leistung h . . . kcal/kg	173,6	171,4	173,3	157,4	—
Wärmeinhalt des Dampfes im Abdampfstutzen, entsprechend dem ausgenutzten Gefälle . . . „	564,9	568,9	569,9	586,8	
Feuchtigkeit des Abdampfes . . . vH	8,7	7,7	7,4	4,1	31 °C überh.
1. Gehäuse:					
Adiabatisches Gefälle, bezogen auf Zustand im Düsenraum 1 (Temperatur nach Drosselkurve) . . . kcal/kg	61,7	76,2	86,0	86,0	
Inneres Gefälle nach Druck und Temperatur h_1 . . „	50,3	54,5	63,5	64,3	
Wirkungsgrad, berechnet aus Druck und Temperatur . . vH	81,5	71,6	73,9	74,8	
2. und 3. Gehäuse:					
Adiabatisches Gefälle . . . kcal/kg	145,7	139,1	133,0	118,8	
Inneres Gefälle $h - h_1$ . . . „	123,3	116,9	109,8	93,1	
Wirkungsgrad . . . vH	84,6	84,0	82,6	78,3	

und die spezifische Umfangsgeschwindigkeit 0,55. Es liegt nahe, das Verhalten dieses ersten Gehäuses mit den Versuchen an der grundsätzlich gleich gebauten Gegendruckturbine von Brown, Boveri & Cie A.-G. zu vergleichen, die Stodola veröffentlicht hat[2]). Diese 1000 kW-Gegendruckturbine besteht aus einem Gleichdruckrad und 28 Überdruckstufen und wurde bei den Versuchen mit Frischdampf von 9,8 at abs und 279 °C bei einem Gegendruck von 2,79 at abs betrieben, also unter Verhältnissen, die etwa denen des ersten Gehäuses der Bielefelder Turbine entsprechen. Das von der Gegendruckturbine verarbeitete sekundliche Dampfvolumen betrug entsprechend der geringeren Leistung nur 0,97 m³. Bezieht man den inneren Wirkungsgrad dieser Turbine auf die Gesamtdampfmenge, so beträgt dieser 81,7 vH, bei einer Gütezahl von über 3000, während sich für die Dampfausnutzung im ersten Gehäuse der Bielefelder Turbine 81,5 vH ergeben.

Diese Übereinstimmung erscheint befriedigend, wenn man die niedrigere Gütezahl beim ersten Gehäuse der Bielefelder Turbine und eine gewisse Unsicherheit der nur an einer Stelle hinter dem ersten Gehäuse durchgeführten Temperaturmessung berücksichtigt. Der innere Wirkungsgrad von Mittel- und Niederdruckteil zusammen beträgt bei der Bielefelder Turbine 84,6 vH bei Vollast, wobei der Dampfzustand am Austritt aus dem Niederdruckgehäuse aus der Leistung unter Vernachlässigung der

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1177.

Abb. 10. Druckverlauf in der Turbine von Brown, Boveri & Cie. A.-G.

a Druck am Haupteinlaßventil der Turbine
b „ hinter dem ersten Rad des ersten Gehäuses
c „ zwischen erstem und zweitem Gehäuse
e „ „ zweitem und drittem Gehäuse

Strahlung berechnet ist. Die Parsonssche Kennzahl für das zweite und dritte Gehäuse erreicht bei Vollast den Wert von 3490.

Σu^2 und die Parsonssche Kennzahl stehen in einem gewissen Zusammenhang mit den Anlagekosten der Turbine; mit Vergrößerung von Σu^2 und der Parsonsschen Kennzahl steigt im allgemeinen der thermodynamische Wirkungsgrad, aber, gleiche Tourenzahl vorausgesetzt, braucht man mehr Stufen und damit mehr Gehäuse, also höhere Anlagekosten. Diese rechtfertigen sich im allgemeinen bei hohem Wärmepreis und günstigem Ausnutzungsfaktor. [B 2636]

Versuche über den Spannungszustand genieteter Stäbe

In der Schweizerischen Bauzeitung Bd. 88 (1926) S. 98 beschreibt Obering. E. Höhn, Zürich, die Ergebnisse von Versuchen, die er in Zürich im Auftrag und auf Kosten des Schweizerischen Vereins von Dampfkesselbesitzern mit genieteten Stäben ausgeführt hat zum Zweck, das elastische Verhalten der Stäbe zu erforschen[1]). Als Mittel hierfür wurden die Spannungen der Stäbe über Laschen und Blech gemessen. Während die Spannungsmesser ohne weiteres außen auf den Laschen angebracht werden können, wurden für die Messungen am Bleche die Laschen durchbrochen, d. h. die Spannungsmesser durch Schlitze in den Laschen hindurchgeführt.

Für die Laschen ist der mittlere Spannungsverlauf ε in Abb. 1 aus Linie a ersichtlich, für das Blech aus Linie b. Am Kreuzungspunkt der Linien ist $a = b$; die hindurchgelegte Ebene P_l, Abb. 2 und 3, wird Bezugebene genannt. Besteht ein Unterschied zwischen der Dicke des Bleches und beider Laschen, so finden bei jeder Stabbelastung (oder für eine Kesselvernietung bei jedem Überdruck) relative Verschiebungen zwischen Laschen und Blech statt, innere relative Verschiebungen. Diese sind veränderlich in ihrem Wert und zwar wachsen sie mit ihrem Abstand von der Bezugsebene.

In gleichem Maß wächst auch die Scherbeanspruchung der Niete, denn diese ist durch die relative Verschiebung und nur durch sie bedingt. Aus den Dehnungsmessungen in den Querebenen Q_2, Q_3, Q_4, Abb. 3 und 4, ergab sich, daß die Niete einer Hälfte des betreffenden Probestabes folgendermaßen beansprucht waren: Niet 1 mit 77 vH, Niet 2 mit 7 vH und Niet 3 mit 15 vH, wobei die Summe der einzelnen Beanspruchungen 100 vH gleich der Last von 20 t war. Die Linie Q_1 läßt den Verlauf der Dehnungen quer über das Blech erkennen, die mittlere Ordinate muß der Last 20 t entsprechen.

Die innern relativen Verschiebungen, die unter normalen Verhältnissen elastisch sind, werden bleibend, sobald mit wachsender Last der Stab bleibend gedehnt wird, Blech und Laschen also verstreckt werden.

Blech und Laschen können sich auch noch aus andern Gründen gegeneinander verschieben als aus solchen ungleicher elastischer Dehnung. Ist eine Nietnaht in ihrem Verband gelockert oder wird sie auch nur stark durch äußere Kräfte beansprucht, so werden die Niete verbogen, die Nietlochwände, sofern die Nietschäfte anliegen, gepreßt. Das Blech beginnt dann gegenüber den Laschen zu gleiten, ein Zustand, der jedem Fachmann als „Gleitbeginn" bekannt ist. Das Gleiten wird von Höhn äußere relative Verschiebung genannt. Diese ist ebenfalls elastisch, bis mit zunehmender Last Gleiten meßbar oder augenfällig in die Erscheinung tritt (bleibende äußere relative Verschiebung). Der Zeitpunkt hierfür ist schon bei 350 bis 500 kg/cm² Schubbeanspruchung der Niete gekommen, während bis heute 700 kg/cm² als Grenze galt.

Man bekommt eine Vorstellung von diesen Vorgängen, wenn man das Bild gebraucht: für die innere relative Verschiebung: Blech und Laschen aus Kautschuk, Niete aus Glas, für die äußere relative Verschiebung: Blech und Laschen aus Glas, Niete aus Kautschuk.

Aus seinen Versuchen zieht der Verfasser den Schluß, daß die Berechnung einer Nietnaht auf der Grundlage dieser Tatsachen aufgebaut werden müsse, soll sie der Wirklichkeit entsprechen oder richtig sein. [M 2487]

[1]) Die Versuche sind ausführlich beschrieben in der Druckschrift „Nieten und Schweißen der Dampfkessel", Berlin 1926, Julius Springer.

Abb. 1 bis **5**
Mittlerer Spannungsverlauf in den Laschen und im Blech sowie Dehnungen in den Querebenen bei genieteten Stäben

a Spannungsverlauf in den Laschen
b „ im Blech

Versteifungsträger und Fahrbahn der Delawarebrücke in Philadelphia [1]

Von Reg.-Bmstr. a. D. Dr.-Ing. Rudolf Bernhard, Berlin

Gestaltung und Aufstellung der Versteifungsträger und der Fahrbahn — Die infolge der großen Abmessungen und starken Durchbiegungen entstandenen Schwierigkeiten

Abb. 48 und 49 Auflagerung des Versteifungsträgers und des Fahrbahngerippes

Abb. 50 Versteifungsträger in der Seitenöffnung

Abb. 51 Versteifungsträger in der Mittelöffnung

Versteifungsträger

Die 8,53 m hohen Versteifungsträger sind in rd. 6,30 m weite Felder in den Seitenöffnungen (h/l = 1/25) und rd. 6,25 m weite Felder in der Mittelöffnung (h/l = 1/62) eingeteilt, Abb. 48 und 49. Sie sind als Parallelfachwerkträger ausgebildet, deren Gurte in einer schlanken Parabel über dem Fluß verlaufen. Die im Verhältnis zum Eigengewicht als gering anzusprechende Verkehrslast erforderte keine größere Höhe des Versteifungsträgers. Zur möglichst gleichmäßigen Lastverteilung auf das Kabel waren die geringen Abstände der Knotenpunkte von großem Vorteil. Einzelheiten der gewählten Querschnitte und Stabverbindungen, sowie der durch pendelartige Aufhängung oder Unterstützung ausgebildeten Auflager gehen aus Abb. 50 und 51 hervor.

Als Baustoff wurden drei Stahlsorten verwendet:

1. Nickelstahl von 3,2 vH Nickelgehalt mit einer Streckgrenze von 3850 kg/cm² und einer Bruchfestigkeit von 6300 kg/cm² für die Ober- und Untergurte, sowie für die Gelenke.

Abb. 52 und 53 Normaler Brückenquerschnitt

[1] Fortsetzung des Aufsatzes: „Die Delawarebrücke in Philadelphia", Z. Bd. 70 (1926) S. 1401 und Bd. 71 (1927) S. 145. Der Gesamtaufsatz erscheint als Sonderabdruck.

Abb. 54
Querträger am Hauptturm

Abb. 62
Dehnungsfuge der Betonfahrbahn

Abb. 55. Querträger am Kabelumlenkturm

2. Siliziumstahl mit 0,4 vH Kohlenstoff, 1,5 vH Magnesium und 0,45 bis 0,2 vH Silizium mit einer kleinsten Streckgrenze von 3150 kg/cm² und einer Bruchfestigkeit zwischen 5600 und 6650 kg/cm² für die Schrägen und für die Knotenbleche, die in Nickelstahl aus konstruktiven Gründen dicker als statisch erforderlich hätten gewählt werden müssen.

3. Gewöhnlicher Kohlenstoffstahl mit einer Streckgrenze von 2590 kg/cm² und einer Bruchfestigkeit von 4340 bis 4900 kg/cm² für die Lotrechten.

Diese drei Stahlarten wurden in der Fabrik durch verschiedene Farbanstriche unterschieden.

Fahrbahn

Die vollwandig ausgebildeten Querträger sind rd. 2,45 m zwischen den Versteifungsträgern hoch, Abb. 52 bis 55. Unter der Fahrbahn liegen in einem Abstand von 1,17 m die 45,7 cm hohen Längsträger, über die sich eine nur 15,3 cm dicke Eisenbeton-Fahrbahn (Mischungsverhältnis 1 : 1½ : 3) spannt, Abb. 56 bis 60. Die Eiseneinlagen quer zur Brückenachse bestehen aus fachwerkartig zusammengebauten 11,4 cm hohen Trägern in 15,3 cm Abstand, Abb. 61. Über jedem zweiten Querträger liegen Dehnungsfugen, Abb. 62, damit die Fahrbahn unabhängig von der Durchbiegung des Haupttragwerkes vorgebaut werden kann. Auf die durch Einbetonieren von kleinen Steinen besonders rauh gestaltete Betonoberfläche ist ein 6,4 cm dickes Asphaltpflaster, auf die Fußwege eine 7,6 cm dicke Eisenbetonplatte gelegt.

Aufstellung

Ähnliche Überlegungen wie für die Kabel mußten bei der Aufstellung der Versteifungsträger angestellt werden. Da diese in der Werkstatt für den un-

Abb. 56 bis 60
Eisenbeton-Fahrbahn

Abb. 61
Eiseneinlage der Betonfahrbahn

Abb. 64
Beginn der ersten Vorwärtsbewegung des Montagekranes

beanspruchten Zustand bearbeitet wurden, also für das parabelförmige Kabel, hätten erst sämtliche Teile des Trägers und der Fahrbahn, einschließlich der Eisenbetonfahrbahn, angehängt werden müssen, um unter voller Eigengewichtslast bei Normaltemperatur diese Form zu erzielen, ehe mit dem Vernieten begonnen werden konnte. Die Normaltemperatur war meist nicht vorhanden, so daß durch verschiedene Kunstgriffe ein Ausgleich geschaffen werden mußte. Die in Abb. 63 dargestellten theoretischen Lastschlußkurven (load-closing-curves) geben z. B. für bestimmte Temperaturen diejenigen Belastungen an, die in den Seiten- oder Mittelöffnungen aufgebracht werden mußten, um den zum Vernieten erforderlichen Durchhang zu erzielen. Um eine möglichst gleichmäßige Lastverteilung zu erreichen und eine übermäßige Durchbiegung zu verhindern, wurde der Versteifungsträger in vier Abschnitten eingehängt. Zur Aufstellung dienten vier Krane für je 45 t Last, deren Achsabstand etwas größer war als zwei Brückenfelder, um die gleichzeitige Belastung mit zwei Einzellasten in einem

Abb. 63
Theoretische Lastschlußkurven: Abhängigkeit der Durchbiegung von der Temperatur und dem während der Aufstellung steigenden Eigengewicht der Brücke in den einzelnen Öffnungen

a Fußwegträger
b Fußwegverband
c Gleisträger
d Gleisverband
e Bordkante
f 8 Fahrbahnlängsträger
g Obergurt
h Schrägen
i 2 Baukrangleise
k Längsträger unter den Gleisen
l 8 Fahrbahnlängsträger
m Querverband
n Untergurt
o Querträger
p Lochrechte
q Hauptkabel und Aufhängeseile

Abb. 67 und 68
Anordnung der Zugvorrichtung zum Entlasten der Aufhängeseile vor dem Hindurchstecken der Versteifungsträger durch die Obergurte

Abb. 65. Erste Vorwärtsbewegung des Montagekranes bis zu den Viertelpunkten der Mittelöffnung vorgeschritten

Abb. 66
Beginn der Rückwärtsbewegung des Montagekranes

Felde zu vermeiden. Diese Krane bewegten sich von den Haupttürmen aus zweimal hin und her.

Die einzelnen Bauteile konnten in Kähnen herangeführt und hochgewunden werden. Nach Aufstellung der Baukrane auf einer genügend großen Plattform an den Haupttürmen, Abb. 64, wurden mit dem ersten Vorrücken die Lotrechten und Untergurte sowie die zur Unterstützung der Krane gerade erforderlichen Fahrbahnträger eingehängt. In Abb. 65 ist die nach oben hohlgekrümmte anstatt gewölbte Form der Untergurtlinie erkennbar, so daß kein Untergurtstoß während dieses Vorrückens verlascht werden konnte, ja sogar das Verbinden der Längsträger manchmal nur dadurch möglich wurde, daß die Krane zurückgeschoben wurden, um die Verformung infolge der Einzellast zu verringern. Beim weiteren Vorbau über die Viertelpunkte der Mittelöffnung hinweg stellte sich eine Durchbiegung nach unten ein, die beim Zusammenschluß rd. 30 cm unter der Eigengewichtsparabel lag, so daß die einander überlappenden Untergurte durch Winden an den Türmen auseinandergezogen werden mußten.

Im zweiten Bauabschnitt, beim Rückgang der Krane, wurden nur Schrägen, Abb. 66, beim dritten Bauabschnitt, d. h. dem zweiten Vorwärtsgang, nur die Obergurte eingehängt. Da die Obergurtstücke, zwei Felder lang, also mit den Stößen an jedem zweiten Knotenpunkt in der Werkstatt hergestellt wurden, mußten die Aufhängeseile zeitweise entfernt und durch Öffnungen im Obergurt gesteckt werden. Die Benutzung von Zugvorrichtungen mit Druckwasserbetrieb zur zeitweiligen Entlastung der Hängeseile geht aus Abb. 67 und 68 hervor. Mit diesen beiden 15 t-Winden, die einerseits an Bolzen durch die Untergurt-Knotenbleche, anderseits an den Hängeseilköpfen befestigt waren, konnten die Aus-

Abb. 69 und 70

a Theoretische Biegungslinie des Versteifungsträgers unter voller ständiger Last
b Zusammenschluß in Brückenmitte nach der ersten Vorwärtsbewegung des Baukranes (Schrägen und Obergurt teilweise eingehängt)
c Versteifungsträger fertig eingehängt *d* Fahrbahngerippe eingehängt
} Einhängen des Versteifungsträgers

Abb. 71

e Nieten des Obergurtes der Seitenöffnung und des Untergurtes der Mittelöffnung *f* Nieten des Obergurtes der Mittelöffnung im konkaven Teil des Philadelphia-Endes *g* Nieten des Obergurtes der Mittelöffnung der Philadelphia-Hälfte *h* Nieten des Obergurtes der Mittelöffnung der Camden-Hälfte *i* Fahrbahn-Betondecke fertig
} Vernieten des Versteifungsträgers und Betonieren der Fahrbahn

Abb. 69 bis 71
Biegungslinien des Versteifungsträgers und Schräglage der Haupttürme während des Einhängens und Abrichtens des Versteifungsträgers unter Benutzung der Betonfahrbahn als Gewichtsausgleich für den Zusammenschluß der einzelnen Knotenpunkte

gleichplatten entlastet und entfernt, die Seile herausgezogen und durch die Öffnungen der einzubauenden Obergurte gesteckt werden. Beim vierten Bauabschnitt (zweiten Rückgang der Krane), wurden dann die Querverbände und der Rest der Fahrbahn eingehängt.

Erst jetzt konnte mit dem Vernieten begonnen werden. Der Versteifungsträger mußte in seiner spannungslosen, der Werkstattform entsprechenden Lage die Gestalt einer Parabel von 4,51 m Stich mit Endtangenten unter 3½ vH Neigung haben. Alle gestoßenen Gurte haben gefräste Stöße und mußten daher in zusammengepreßtem Zustande vernietet werden. Da nun 23 vH des ganzen Eigengewichtes aus Pflaster, Fußwegen, Gleisen, Leitungen usw. bestehen, mußte der Ausgleich durch die Betonfahrbahn geschaffen werden. Aus Abb. 69 bis 71 geht hervor, in welcher Weise durch Gießen der Eisenbeton-Fahrbahndecke von Stück zu Stück, z. T. unter Mitbenutzung der Seitenöffnungen, fast ohne besondere künstliche Gewichte der enge Zusammenschluß dieser Stöße erzielt werden konnte (vergl. auch Abb. 63). In den Abbildungen sind die jeweiligen Biegungslinien der Versteifungsträger und der Haupttürme entsprechend dem Baufortschritt aufgetragen. Nur bei einigen Stößen mußte durch Erhitzen, durch Ausnutzen der ent- oder belastenden Wirkung der Baukrane oder durch Lösen oder Anziehen der benachbarten Aufhängeseile der Zusammenschluß erzwungen werden. So genügte z. B. bei den Endauflagern der Mittelöffnung an den Haupttürmen das Gewicht der Krane, um den Versteifungsträger ausreichend weit herunterzudrücken und die Bolzen, die nur Verkehrslasten erhalten, unter der vollständigen Eigengewichtslast aber zu hoch lagen, einschieben zu können. Die Schrägen wurden immer dann, wenn sie sich gerade in ihrer ungespannten Lage befanden, vernietet.

Besondere, mit Gummiköpfen versehene Drucklufthämmer erschütterten beim Betonieren der Fahrbahn die Schalung, damit auf diese Weise der Beton gleichmäßig zwischen den vorher erwähnten Bewehrungsträgern verteilt wurde.

Die gesamte Aufstellung von Versteifungsträgern (1692 t) und Betonfahrbahn erforderte neun Monate, wovon etwa 128 000 Arbeitstunden auf das Aufhängen der Konstruktion und 160 000 Arbeitstunden auf das Ausrichten, Vernieten und Herstellen der Fahrbahn entfielen.

[B 2016] (Schluß folgt.)

Ein neuer Erdungsmesser

Die Eisenkonstruktionen, die der Elektrotechniker für seine Zwecke braucht, wie Leitungsmaste, Gerüste für Schaltanlagen und dergl., müssen in den meisten Fällen geerdet werden. Diese Erdungen sind nötig, um infolge von Störungen an der Isolation oder von Induktionswirkungen übertretende Erdschlußströme abzuleiten. Ausgeführt werden die Erdungen mit Hilfe von Platten aus Kupfer oder Eisen, alten Kesselblechen oder dergl. Der Erdungswiderstand muß möglichst klein sein, damit eine durch einen Erdschlußstrom verursachte Spannung keine Gelegenheit hat, sich im umgebenden Erdreich auszubreiten und Menschen und Tiere zu gefährden, sondern sich auf dem durch die Erdung vorgeschriebenen Wege ausgleicht.

Es ist sehr zu empfehlen, wenn auch der die Eisenkonstruktionen usw. ausführende Ingenieur schon beim Bau der Eisenteile auf die Zuverlässigkeit der Erdungen achtet. Das geschieht am zweckmäßigsten durch das Messen des Erdungswiderstandes. Nun sind die meisten Meßverfahren so umständlich und ungenau, daß selbst der erfahrene Meßtechniker Mühe hat, einigermaßen zuverlässige Ergebnisse zu erzielen, so daß sie für einen im Meßwesen nicht erfahrenen Bauingenieur erst recht nicht in Betracht kommen. Neuerdings bringt die Firma Siemens & Halske als Ergebnis langer Vorarbeiten einen Erdungsmesser auf den Markt, der sowohl für die regelmäßigen Prüfungen nach den Sicherheitsvorschriften als auch für Abnahmeprüfungen geeignet ist. Das Gerät arbeitet nach der folgenden Grundschaltung, Abb. 1. Der Widerstand des Erders a ist zu bestimmen. Man vergleicht die Spannung E_1, die a bei dem Strom J_1 gegen Erde annimmt, mit dem Spannungsabfall E_2, den der Strom J_2 in dem Stück $d-f$ des Widerstandes $d-g$ erzeugt. Wenn die Brücke $c-f$ stromlos ist, sind E_2 und E_1 gleich und damit auch die Widerstände, so daß man den Widerstand unmittelbar an $d-g$ ablesen kann. J_2 wird einem Stromwandler entnommen, durch dessen Primärwicklung J_1 fließt. Als Stromquelle dient ein kräftiger Kurbelinduktor, der bei etwa 2 Uml./s Wechselstrom von 35 Per./s liefert. Als Nullmeßgerät dient ein richtungsempfindlicher Wechselstrommesser.

Abb. 1
Grundschaltung des neuen Erdungsmessers von Siemens & Halske
E_1, E_2 Spannungen J_1, J_2 Ströme R Widerstand a Anschluß an die Erdung b, c Anschlüsse an die Hilfserdungen d, f, g Widerstandspunkte

Abb. 2 zeigt das neue Gerät. a, b und c sind die Anschlüsse für den zu messenden Erder und die nötigen Hilfserder. h_1 ist ein Umschalter zum Erweitern des Meßbereiches von 25 Ω auf 250 Ω; mit h_2 schaltet man an Stelle des gesuchten Widerstandes einen festen, im Gerät eingebauten Widerstand von 20 Ω ein, um sich von der Zuverlässigkeit der Messungen überzeugen zu können, wenn ein ermittelter Wert zunächst unwahrscheinlich erscheinen sollte. i dient zum Einstellen der Nullage des Meßgerätes, das zwischen h_1 und h_2 liegt. k dient zum Einstellen des Vergleichwiderstandes.

Bei der Benutzung des Gerätes setzt man in 20 und 40 m Entfernung von dem zu erdenden Mast oder dergleichen zwei Erdbohrer oder Gasrohre als Hilfserder ein und verbindet diese sowie den Mast mit den Klemmen a, b und c. Dann stellt man das Gerät auf null, um etwaige Fremdströme auszugleichen, dreht die Kurbel und verstellt k so lange, bis das Gerät wieder null zeigt. An dem Kreismaßstab von k liest man dann den gesuchten Widerstand ab.

[M 2610] W. J.

Abb. 2
Der neue Erdungsmesser von Siemens & Halske
a, b, c Anschlüsse für den zu messenden Erder h_1 Umschalter zum Erweitern des Meßbereiches von 25 auf 250 Ω h_2 Umschalter zum Einschalten eines festen im Gerät eingebauten Widerstandes von 20 Ω i Schalter zum Einstellen der Nullage des Meßgerätes k Einstellung des Vergleichwiderstandes

Die Bauarten der Kabelbagger

Von Dipl.-Ing. F. Riedig, Dresden

Die Kabelbagger sind in letzter Zeit von großer Bedeutung geworden. In dem großen Gebiete der Hebe- und Fördermittel gehören sie zu denjenigen Einrichtungen, die noch eine große Zukunft haben. Sie lassen sich so vielseitig verwenden wie kaum andre Maschinengattungen.

Um den heutigen Kabelbagger zu entwickeln, wandte man sich zuerst hauptsächlich der Ausbildung der Entladevorrichtung des Kübels zu. An dem über die Baustelle gespannten Tragseil läuft eine Katze, an der ein Schürfkübel hängt. Es handelte sich also darum, dem Kübel eine Baggerstellung zu geben, in der die eine offene Stirnseite des Kübels das Baggergut zu fassen vermag, damit sich beim Anziehen des Zugseiles der Kübel füllt. An der Entladestelle, meist an dem einen Ende des Tragseiles, muß sich die offene Seite des Kübels um 90° nach unten drehen, damit der vom Kübel aufgenommene Inhalt herausfallen kann. Die Entwicklung dieser Einrichtung ist heute so weit fortgeschritten, daß ein sicheres Entladen in jedem Falle möglich ist[1]).

In Amerika, wo diese Bagger zuerst gebaut wurden und auch sehr verbreitet sind, werden sie heute nur ausnahmsweise als besondere Anlagen entworfen. Im allgemeinen werden die Einzelteile in Reihen hergestellt und je nach Bedarf entsprechend zusammengebaut, und zwar häufig nicht einmal von der Lieferfirma, sondern vom Käufer selbst. Der Amerikaner behandelt die Kabelbagger nicht als besondere Förderanlage, sondern als normale Maschine, rein als Bagger.

In Deutschland dagegen herrscht — bis heute wenigstens — die Ansicht vor, daß der Kabelbagger eine Fördereinrichtung ist. Daraus folgt auch, daß jede Kabelbaggeranlage neu entworfen wird und die Zubehörteile in Einzelarbeit hergestellt werden. Die deutschen Kabelbagger unterscheiden sich daher auch in wesentlichen Punkten von den amerikanischen.

Die amerikanischen Kabelbagger

arbeiten durchweg mit großen Geschwindigkeiten. Beim Baggern beträgt die Seilgeschwindigkeit 50 bis 75 m/min, beim Fördern 100 bis 225 m/min, beim Spannen des Tragseiles 60 bis 100 m/min und beim Rücklaufen des Kübels 350 m/min. Die großen Geschwindigkeiten müssen naturgemäß zu einer bestimmten Bauart der Winde führen. Fast alle Windenbauarten sind für unmittelbaren Antrieb durch eine Kolbenkraftmaschine gebaut, wobei Winde und Kraftmaschine zu einem Maschinensatz vereinigt sind. Elektrischer Antrieb der Winde ist verhältnismäßig wenig zu finden. Die Kraftmaschinen haben immer hohe Drehzahlen, oder, wenn an der Vorgelegewelle nur eine Riemenscheibe angebracht ist, ist deren Durchmesser klein. Da die Seilgeschwindigkeiten hoch sind, brauchen auch die Übersetzungsverhältnisse nach den Trommeln nicht groß auszufallen, so daß die ganze Winde verhältnismäßig kleine Abmessungen erhält. Die Windentrommeln liegen stets hintereinander, eine Anordnung, die ohne weiteres möglich ist, da die Seile unmittelbar von der Spitze des Windenturmes nach den Trommeln geführt werden, Abb. 1 und 1a.

Der Gesamtaufbau der amerikanischen Kabelbagger ist vorherrschend sehr leicht und einfach gehalten. In weitaus den meisten Fällen wird als Windenturm nur ein einfacher Mast aus Holz benutzt und durch Seile verankert. Ist eine größere Höhe erforderlich, so wird der Mast mehrfach versteift. Eisen wird zum Bau des Windenturmes fast nie verwendet. Entsprechend der Einfachheit des Windenturmes sind auch die Befestigungen der Ankerseile oder der Seilkloben vom Flaschenzug oder vom Zugteil sehr leicht angelegt. Man hat den Eindruck einer rein behelfsmäßigen Ausführung, zumal oft nur Schlingketten um den Holzmast gelegt und daran die Ablenkrollen gehängt werden. Sehr verbreitet ist auch die Befestigung durch Bänder, Abb. 2. Noch leichter ist die Bauart des kleinen Turmes, der stets nur ein Bock aus Holz ist.

[1]) Vergl. „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 19 (1926) S. 2.

Abb. 1 und **1a**
Lageplan eines einfachen Kabelbaggers

Abb. 2
Befestigung von Flaschenzug und Seilrollen am Mast

Diese leichte Anordnung ist möglich infolge der hohen Arbeitsgeschwindigkeiten. Der Kübel kann nämlich entsprechend klein gewählt werden, womit die tote Last und die Beanspruchungen in verhältnismäßig niedrigen Grenzen bleiben. Die Abnutzung der bewegten Teile nimmt bei Erhöhung der Geschwindigkeit nur wenig zu. Abnutzung und Geschwindigkeit stehen nicht in unmittelbarem Verhältnis. Der kleinere Kübel führt in der Zeiteinheit mehr Spiele aus, um auf eine entsprechende Leistung zu kommen. Der Kübel rollt bei den amerikanischen Baggern stets selbsttätig durch Ausnutzung der Schwerkraft zurück.

Die deutsche Bauart

Trotz vieler Vorteile konnten sich in dieser Form die Kabelbagger in Deutschland nicht einführen. Es mußten erst Änderungen angebracht und die Kabelbagger den deutschen Verhältnissen angepaßt werden. In Deutschland ist der Kabelbaggerbau noch sehr jung, es sind erst wenige Anlagen in Betrieb, so daß von einer Entwicklung des deutschen Kabelbaggers fast noch nicht gesprochen werden kann. Immerhin machen sich bereits Anzeichen bemerkbar, in welcher Richtung die Weiterentwicklung gehen wird. Zunächst bestehen zwei Arten: eine Bauart, die den Kabelbagger als Fördereinrichtung betrachtet und schwer gebaut ist, sowie eine weitere, die auf eine gewisse Leichtigkeit des Baues Wert legt.

Die schwere Bauart dient hauptsächlich für Braunkohlengruben als Abraumbagger oder in großen Torfwerken zur Gewinnung von Torf. Die Türme werden in Eisen gebaut; überhaupt ist die ganze Konstruktion hohen Anforderungen gewachsen. Die Anforderungen an einen Abraum-Kabelbagger sind immer groß, da das Deckgebirge über den Braunkohlenflözen möglichst rasch abgebaut werden muß, ohne daß sich dabei die Betriebskosten erhöhen. Im Abraumbetrieb handelt es sich bei dem zunehmenden Bedarf an Braunkohle um rasche und billige Entfernung des Deckgebirges. Bei der oft großen Ausdehnung der Braunkohlenfelder muß naturgemäß die Spannweite eines Kabelbaggers für Abraumbeseitigung sehr groß ausfallen.

Abb. 3
Kabelbagger mit zwangläufiger Kübelbewegung

Abb. 4
Leichter Kabelbagger für Erdarbeiten

Beim normalen Kabelbagger rollt der Kübel selbsttätig zurück, d. h. die rücklaufende Katze mit dem Kübel zieht das Zugseil selbsttätig von der Trommel ab, woraus sich auch die Neigung des Tragseiles erklärt. Der Tragseilneigungswinkel muß in einem bestimmten Verhältnis zu den das Zugseil von der Trommel abziehenden Massen stehen. Bei großen Spannweiten sind infolgedessen hohe Windentürme nötig, wodurch wiederum die leichte Ortveränderlichkeit eines Kabelbaggers ungünstig beeinflußt wird. Daher strebte man danach, die Windentürme niedrig zu halten. Dies wird dadurch erreicht, daß man den Kübel völlig zwangläufig steuert.

Nach Abb. 3 liegt die offene Seite des Kübels in Richtung des kleinen Turmes, der das Windwerk trägt. Der Kübel wird beim Arbeitsgang dadurch gefüllt, daß er gegen den kleinen Turm gezogen wird. Die Entladestelle liegt am großen Turm, wohin der Kübel rückwärts gezogen wird. Bei dieser Anordnung sind also alle Arbeitsvorgänge zwangläufig, während bei der normalen Bauart nur Baggern, Fördern, Entladen und Heben zwangläufig geschehen. Mit dem Vorteil der Zwangläufigkeit verbinden sich aber gewisse Nachteile; denn hierbei wird zu jedem Arbeitsvorgang Kraft verbraucht, was die Wirtschaftlichkeit mehr oder weniger ungünstig beeinflußt. Solche Abraumbagger sind in Deutschland bereits mehrfach in Betrieb und im Bau. Für sehr große Leistungen müssen die Kübel sehr groß ausfallen. Daher wählt man häufig zwei parallel liegende Tragseile. Die beiden Katzen auf den beiden Tragseilen sind starr miteinander verbunden, so daß sie alle Bewegungen gemeinsam ausführen müssen. Der Kübel hängt an beiden Katzen.

Eine weit größere Verbreitung als der Abraumkabelbagger mit seiner schweren Bauart wird der leichte Kabelbagger finden, der sich für viele Arbeiten verwenden läßt und in den Anschaffungskosten nicht zu teuer ist. Der leichte Kabelbagger kommt in Frage für Erdarbeiten aller Art, zur Sand-, Kies-, Lehm- und Tongewinnung, zum Reinigen von Klärteichen, zu Betonarbeiten einfacher Art, zu Flußvertiefungen usw.

Bis jetzt sind in Deutschland nur wenige Anlagen dieser Art in Betrieb oder im Bau. Eine Anlage z. B. wird beim Kanalbau verwendet, um Rutschmassen, die sich infolge von Niederschlägen in Bewegung gesetzt haben, wieder zu beseitigen, Abb. 4. Hierbei sind niedrige Arbeitsgeschwindigkeiten zugrundegelegt, damit man mit einer geringen Antriebleistung auskommen kann. Der Windenturm ist aus Holz gebaut und durch Seile oder Ketten mehrfach abgespannt. Auf der Gegenseite ist zur Verankerung des Tragseiles ein Löffelbagger verwendet, der ein einfaches Verlegen der Baggerlinie ermöglicht.

Eine weitere Anlage dieser leichten Bauart zeigt Abb. 5, die zur Gewinnung des im Flußbett der Werra angesammelten Kieses dient. Die Türme sind auch aus Holz gebaut. Da nur eine geringe Leistung gefordert ist, beträgt das ausgenutzte Fassungsvermögen des Kübels nur $0{,}4\ m^3$. Die Arbeitsgeschwindigkeiten sind wie folgt gewählt: Baggern 30 m/min; Fördern 30 m/min; Heben 30 m/min; Rückrollen 60 m/min. In Wirklichkeit sind sie jedoch größer. Die Winde ist für elektrischen Antrieb eingerichtet. Infolge häufiger Spannungschwankungen in der Zuleitung mußte der ungünstigste Fall angenommen werden, der zu diesen kleinen Geschwindigkeiten führte.

Der Kübel ist siebartig mit kleinen Löchern versehen, damit das Wasser schnell ablaufen kann. Er rollt wie bei der vorher erwähnten Anlage selbsttätig zurück.

Bei diesen beiden Baggern ist das Streben nach einem gewissen Reihenbau zugrundegelegt. Ob sich aber der Reihenbau für Kabelbagger in Deutschland durchführen lassen wird, ist noch zweifelhaft. Vom deutschen Kunden werden hierbei viel zu viel Sonderwünsche angegeben, die berücksichtigt werden müssen, wenn bei der wirtschaftlich schwachen Zeit der Auftrag überhaupt zustande kommen soll. Außerdem begegnet man der Reihenherstellung mit einem gewissen Mißtrauen.

Der Kabelbagger läßt sich immer anwenden, wenn Aushubarbeiten jeder Art und jeden Umfanges vorgenommen werden sollen. Beim Löffel- und Eimerkettenbagger dagegen müssen stets bestimmte Voraussetzungen für die Aufstellung erfüllt sein. Der Hauptvorteil des Kabelbaggers besteht aber darin, daß er baggert und zugleich über eine größere Strecke fördert, dabei aber so billig arbeitet wie kaum eine andre Baggeranlage. So kostet z. B. die Gewinnung von $1\ m^3$ Erde, Kies, Lehm oder dergleichen und der Abtransport auf 80 bis 100 m etwa 0,15 ℳ. In dieser Zahl sind bereits Abschreibungen usw. enthalten. Sie fällt so niedrig aus, da zur Bedienung eines leichten Kabelbaggers ein Mann genügt, wozu in besonderen Fällen noch eine Hilfskraft kommen kann. [M 2390]

Abb. 5
Leichter Kabelbagger für Flußkiesgewinnung

RUNDSCHAU

Metallbearbeitung

Fließdruckwage als Parallel- oder Geradführung für Pressen und ähnliche Maschinen

Bei Plattenpressen, schweren Scheren, Biege-, Schwellenkapp- und Bördelpressen ist die hydraulische oder Fließdruck-Kraftübertragung der Übertragung mit einem Kurbel- oder Keildruck überlegen; dabei wird aber die Parallel- oder Geradführung der großen Flächen, langen Messer oder Kanten sehr schwierig. Bei Scheren oder Biegepressen z. B. müssen Keile oder Kurbelachsen zwischen dem hydraulischen Zylinder und dem eigentlichen Werkzeug eingeschaltet werden. Endlich werden auch lange Kolben- oder Prismenführungen verwendet, die sehr teuer sind und ihren Zweck nur unvollkommen erfüllen. Diesen Übelstand soll eine neue Anordnung dadurch beseitigen, daß die bekannte hydraulische Wage als Mittelglied benutzt wird.

Die nachstehend beschriebene, als Mittelglied zwischen hydraulischem Zylinder und Werkzeug in die Maschine eingebaute hydraulische oder Fließdruckwage führt die Werkzeuge oder Platten vollständig parallel, auch dann, wenn gegen die gedrückte Fläche mehrere Preßzylinder arbeiten, was bei langen Maschinen vorteilhaft sein kann. Der volle Druck aller Zylinder wirkt auf den am stärksten widerstehenden Punkt des zu verarbeitenden Stückes. Abb. 1 und 2 zeigen eine gewöhnliche Druckwasserpresse. Neu daran sind die vier Zylinder *a*, *b*, *c* und *d* mit genau gleich großen Kolben. *a* und *d*, ebenso *b* und *c* sind durch Rohrleitungen *f*, *g* verbunden, die vollständig mit Öl als Druckflüssigkeit angefüllt sind. Steigt der Preßtisch durch Einlassen von Druckwasser in den Hauptkolben, so müssen sich die Kolben der vier Zylinder entsprechend einstellen. Es ist nicht möglich, daß z. B. Zylinder *d* voreilt. Sollte die Preßwirkung zwischen Tisch und Kopfstück dies dadurch hervorrufen wollen, daß der Widerstand oberhalb von *d* kleiner ist als oberhalb von *c*, so wird in *b* das Öl zusammengepreßt und drückt nach *c*. Da, wie vorausgesetzt, alle kleinen Zylinder vollständig gefüllt und alle Kolben gleich groß sind, muß in *c* der Kolben ebenso hoch steigen, wie der Kolben in *b* zurückgeht, d. h. der Preßtisch *e* muß parallel steigen, da auf der andern Seite die Zylinder *a* und *d* ebenso wirken.

Abb. 3 zeigt die Anordnung einer mit den oben erwähnten Ausgleichzylindern ausgestatteten Druckwasserschere, bei der der Balken *e* abwärts gedrückt wird. Die eigentlichen Druckzylinder *h* werden gesteuert. Ventilkörper *i* sorgen dafür, daß die Zylinder *a*, *b*, *c*, *d* stets mit Flüssigkeit gefüllt sind.

Sollen lange und breite Flächen parallel geführt werden, so sind zweckmäßig mehrere Preßzylinder und statt zweier Paare von Ausgleichzylindern deren vier zu setzen. Diese Führung wirkt ganz selbsttätig, ohne daß eine hydraulische Krafterzeugung oder eine Steuerung notwendig wäre. Sie ist daher auch für Maschinen anwendbar, die nicht mit Flüssigkeitsdruck arbeiten, bei denen aber eine Parallelführung, wie vorstehend beschrieben, vorteilhaft sein kann.

Abb. 4
Hydraulische Schere, ausgeführt von der Firma Fritz Müller Pressenfabrik Eßlingen

Abb. 1 und **2**
Druckwasserpresse mit Fließdruckwage als Parallelführung

a, *b*, *c*, *d* Zylinder mit genau gleichgroßen Kolben *e* Preßtisch *f*, *g* Rohrleitungen zwischen *a* und *d*, *b* und *c*

Abb. 3
Druckwasserschere mit Parallelführung

a, *b*, *c*, *d* Zylinder mit genau gleichgroßen Kolben *e* Balken *f*, *g* Rohrleitungen zwischen *a* und *d* sowie zwischen *b* und *c* *h* Druckzylinder *i* Ventilkörper

Ein wichtiges Erfordernis besteht darin, daß die Zylinder der Fließdruckwage stets vollständig unter einem bestimmten Druck gefüllt sind. Abb. 4 zeigt eine solche, nach dem Patent[1]) der Fa. Fritz Müller, Pressenfabrik, Eßlingen, ausgeführte hydraulische Schere, die um so vorteilhafter arbeitet, je länger die bewegten Balken oder Flächen sind. [M 2464]

[1]) DRP Nr. 409 591.

Feinbearbeitung durch Läppen und Ziehschleifen

Zur Bearbeitung von Kraftwagenteilen und andern Werkstücken, bei denen größte Genauigkeit verlangt wird, (z. B. Kolben, Kolbenbolzen, Zylindern und Büchsen), werden in neuerer Zeit zwei Verfahren benutzt, die man mit Ziehschleifen (Honing) und Schmirgeln oder Läppen (Lapping) bezeichnen kann[1]). Während das Läppen hauptsächlich für die Außenbearbeitung in Frage kommt, dient das Ziehschleifen zum Nachbearbeiten der Zylinder von Kraftwagenmotoren und andern zylindrischen Teilen. Als Werkzeug wird hier die sogenannte Schleifahle verwendet, Abb. 5, die aus mehreren Abziehsteinen besteht. Die Aufspannvorrichtung mit den Steinen wird dabei in der Bohrung gedreht und hin und her bewegt. Die Ziehschleifsteine werden durch Federdruck, der durch eine Nachstellvorrichtung geregelt werden kann, an die Wandung gedrückt. Die Schleifsteine bestehen aus Karborund oder Elektrorubin. Das Werkzeug ist so ausgebildet, daß man auch einseitig geschlossene Bohrungen (Sacklöcher) damit bearbeiten kann.

Durch dieses Ziehschleifen werden Bohrungen, nachdem sie nachgebohrt worden sind, auf Maßhaltigkeit genau nachgearbeitet, und zwar dauert das Schleifen, wenn beim Nachbohren 0,1 mm Werkstoff auf den Durchmesser stehen geblieben ist, einschließlich Herstellung einer vollkommen glatten Zylinderfläche etwa 4 bis 5 min. In Amerika werden vor dem Ziehschleifen die Bohrungen sorgfältig gerieben, woraus sich die kurzen Arbeitzeiten, die von dort für das Ziehschleifen angegeben werden, erklären.

Das Ziehschleifen geht am vorteilhaftesten in zwei Arbeitsgängen mit Grob- und Feinbearbeitung vor sich. Für die Grobbearbeitung haben die Steine hohl gekrümmte Oberflächen, für die Nachbearbeitung sind sie erhaben und nach demselben Halbmesser abgerundet wie die zu bearbeitenden Bohrungen. Die mehrspindligen Schleifmaschinen sind für die Bearbeitung von Vier- bis Achtzylinder-Reihenmotoren eingerichtet. Die Spindeln laufen dabei mit 200 bis 400 Uml./min. Die Hubzahl des Werkzeuges wird mit 40 bis 100 in 1 min sehr verschieden angegeben. In zwei Arbeitsgängen werden beim Ziehschleifen 0,013 bis 0,04 mm Span je nach der Beschaffenheit der zu bearbeitenden Fläche des Werkstücks und je nach dem Werkstoff abgenommen.

Als Beispiel für die Bearbeitung von Zylinderblöcken sei die Arbeitsweise in einer großen amerikanischen Kraftwagenfabrik angeführt. Die Bearbeitung erfolgt dort in sechs Arbeitsgängen. Im ersten werden die Zylinder auf einspindligen Bohrmaschinen mit Führungsbüchsen über den Zylindern auf 76,685 bis 76,807 mm Dmr. vorgebohrt und im zweiten auf 77,910 bis 78,032 mm Dmr. nachgebohrt. Alsdann wird die Bohrung auf Sechsspindelmaschinen auf 79,257 bis 79,331 mm Dmr. erweitert, wobei die Bohrspindeln oben und unten geführt werden. Die Zylinder werden dann ausgewaschen und auf Einspindelmaschinen auf 79,551 bis 79,564 mm Dmr. aufgerieben. Die Reibahle hat dabei eine Schnittgeschwindigkeit von 10 m/min bei 3 bis 5 mm Vorschub je Umdrehung. Nach je 200 bis 400 Zylinderbearbeitungen müssen sie neu geschliffen werden. Das nun folgende Ziehschleifen wird ebenfalls auf Sechsspindelmaschinen vorgenommen. Dabei bestehen die Werkzeuge aus vier Steinen von 25 × 25 mm² Querschnitt und ungefähr 200 mm Länge. Bis zu 0,06 mm Werkstoff wird dabei abgenommen, so daß das Fertigmaß 79,588 bis 79,625 mm Dmr. beträgt. Die Ungenauigkeit im Durchmesser und die Abweichung von der Zylinderform in Achsenrichtung beträgt dabei nur noch 0,025 mm. Sind einige Zylinder noch nicht maßhaltig, so werden sie auf Einspindelmaschinen nachgeschliffen.

[1]) „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 940.

Abb. 5
Schleifahle zum Ziehschleifen von Bohrungen mit 125 mm Dmr.
a Ziehschleifsteine
b Werkzeugkörper
c Nachstellring
d Druckfeder

Bei dieser Bearbeitung hat sich herausgestellt, daß die Kosten für Einrichtung, Arbeit und Instandsetzung sich gegenüber den früheren Bearbeitungsverfahren bedeutend ermäßigt haben, und daß die zur Aufstellung der Maschinen für Reiben und Ziehschleifen erforderliche Bodenfläche viel geringer ist, als wenn die Zylinder nur mit Schleifmaschinen bearbeitet werden.

Das Läppen (Schmirgeln) dient dazu, zylindrische und ebene Teile ebenfalls auf genaue Maßhaltigkeit nachzuarbeiten. Zu diesem Zweck werden die Teile auf einen Arbeitstern, Abb. 6, gespannt, der auf einer Maschine zwischen zwei Schmirgelscheiben bewegt wird. Die Scheiben sind je nach den Bearbeitungserfordernissen mit grobem oder feinem Schmirgel belegt. Sie laufen in entgegengesetztem Drehsinn mit etwas verschiedener Umfangsgeschwindigkeit (54 oder 66 m/min). Die untere Scheibe, Abb. 7, ist fest gelagert, die obere durch ein Handsteuerrad für Grobeinstellung und ein Getriebe für Feineinstellung senkrecht

Abb. 6
Stern zum Aufspannen der Werkstücke auf der Läppmaschine

Abb. 7
Läppmaschine ohne Arbeitstern. Links von den Scheiben liegt die schwenkbare Abziehvorrichtung

Abb. 8
Weg der Werkstücke zwischen den Läppscheiben

verstellbar, so daß ein bestimmter Arbeitsdruck (360 kg) auf die Werkstücke ausgeübt werden kann. Dadurch, daß der Stern um etwa 10 mm exzentrisch zwischen den beiden Kreisen liegt, ergeben sich drei verschiedene Bewegungsrichtungen der Werkstücke, Abb. 8: Abrollen der Bolzen auf der Scheibe mit der größeren Geschwindigkeit, Rundgleiten auf der langsamer laufenden Scheibe und Längsgleiten infolge der exzentrischen Lagerung des Aufspannsterns.

Der Gang der Bearbeitung eines Bolzens von 1 Zoll Dmr. in einer amerikanischen Kraftwagenfabrik geht aus Zahlentafel 1 hervor. Dabei sei die Toleranz zunächst 0,38 mm über Fertigmaß. Der Werkstoff ist kaltgezogener Stahl.

Zahlentafel 1. Gang der Bearbeitung eines Bolzens von 1 Zoll Dmr.

Arbeitsgänge	Dicke des abgenommenen Spanes mm	Dicke des noch abzunehmenden Spanes mm
1. Loch bohren und Enden fertigdrehen auf Automat	0,0	0,38
2. Härten, Loch mit Asbest füllen und 0,8 bis 1,6 mm tief einsetzen, Abschrecken auf Skleroskophärte 80 bis 85	0,0	0,38
3. Grobschleifen auf einer spitzenlosen Schleifmaschine in drei Durchgängen:		
1. Durchgang	0,127	
2. „	0,127	
3. „	0,063	
insgesamt	0,317	0,063
4. Feinschleifen auf einer spitzenlosen Schleifmaschine in zwei Durchgängen:		
1. Durchgang	0,038	
2. „	0,013	
insgesamt	0,051	0,012
5. Rohläppen	0,010	0,002
6. Feinläppen	0,002	0,000

Werden Werkstücke bearbeitet, die keine Bohrungen haben, so müssen besondere Aufspannvorrichtungen an dem Stern vorgesehen werden, oder der Stern muß entsprechende Aussparungen haben, so daß sich die Teile in diesen Aussparungen leicht bewegen können.

Die Läppscheiben bestehen aus Gußeisen. Sie müssen sorgfältig hergestellt werden, so daß sie vollkommen eben laufen können. Zu diesem Zweck wird eine größere Anzahl von Scheiben in Gruppen zu drei oder vier Scheiben eingeteilt, von denen man immer je zwei gegeneinander laufen läßt, wobei gleichzeitig feine Schleifmittel zwischen sie gestreut werden. Nach einiger Zeit haben sich diese beiden Scheiben dann gegeneinander vollkommen abgeglichen, doch sind sie noch nicht eben. Daher läßt man sie nun wieder mit Gegenscheiben aus andern Gruppen laufen, bis jede Scheibe mit jeder andern vollkommen zusammenpaßt. Damit ist dann die Gewähr für die Ebenheit der Scheiben gegeben. Keramische Scheiben müssen von Zeit zu Zeit mit zwei Diamanten, die an einem Arm über den Flächen der Scheiben hin- und herbewegt werden können, abgerichtet werden. Das Abziehen ist bei gewöhnlichem Betrieb im Mittel nach der Bearbeitung von 3000 bis 5000 Arbeitstücken nötig. Während des Abziehens müssen die Scheiben gelegentlich durch Bürsten von dem Abziehstaub befreit und nach dem Abziehen sorgfältig abgewaschen werden, damit nicht Schmirgelstaub in das Getriebe gelangen und so einen vorzeitigen Verschleiß der Getriebeteile verursachen kann. Da die Schmirgelscheiben während der Bearbeitung der Teile durch das flüssige Schleifmittel dauernd sehr feucht gehalten werden, kann bei der Bearbeitung Schmirgelstaub nicht entstehen, so daß hierbei keine besondere Sorgfalt auf den Schutz des Getriebes gelegt zu werden braucht. [M 2577] Is.

Werkstoffprüfung

Untersuchungen am Herbert-Pendelhärteprüfer

Der Pendelhärteprüfer nach G. Herbert, Abb. 9, besteht in seiner normalen Ausführung aus einem bügelförmigen Gußkörper von 4 kg Gewicht. In der Mitte des Bügels ist ein Kugelhalter eingeschraubt, der eine Kugel von 1 mm Dmr. trägt, mit der das Pendel auf den Versuchskörper aufgesetzt wird. Die Kugel besteht aus Stahl, Rubin oder Diamant. Form und Massenverteilung des Pendels sind so gewählt, daß der Schwerpunkt des Gerätes mit dem Mittelpunkt der tragenden Kugel zusammenfällt. Durch sechs Stellschrauben kann man den Schwerpunkt in beliebiger Richtung verschieben. Außerdem läßt sich ein zylindrischer Körper von bestimmtem Gewicht in senkrechter Richtung verschrauben, so daß der Schwerpunkt um genau bestimmbare Strecken verstellt werden kann.

Für die Versuche wird das Pendel in indifferentes Gleichgewicht eingestellt und der Schwerpunkt dann durch Senken des geeichten Gewichtes 0,1 mm unter den Mittelpunkt der Kugel gebracht. Eine Luftblase in einer mit Spiritus gefüllten, gekrümmten Glasröhre wandert beim Schwingen des Pendels an einer Maßteilung entlang, so daß sich daran die Pendelbewegung verfolgen läßt. Die Teilung reicht von 0 bis 100 und ist so angebracht, daß bei wagerechter Stellung des Pendels die Luftblase auf die Mitte, d. h. die Zahl 50, zeigt. Bei weichen Werkstoffen, auf denen das Pendel mit sehr kleiner Amplitude schwingt, läßt sich die Bewegung an der Luftblase nicht mehr mit genügender Sicherheit verfolgen. Für die folgenden Untersuchungen wurde daher an der einen Seite des Pendels ein Zeiger angebracht, dessen Bewegung auf einer dahinter feststehenden Maßteilung verfolgt wurde; diese hat lediglich den Zweck, dem Auge als Ruhepunkt zu dienen, um den Beginn jeder einzelnen Schwingung genau erfassen zu können.

Mit dem Pendel sind folgende vier Prüfverfahren ausführbar:

1. die Zeithärteprüfung, bei der die Schwingungsdauer kleiner Schwingungen als Härtemaß gewählt ist;
2. die Winkelhärteprüfung, bei der die Dämpfung einer Schwingung mit großer Amplitude als Härtemaß gilt;
3. die Prüfung der Bearbeitungsfähigkeit, bei der aus der Abnahme der Dämpfung großer Schwingungen auf die Bearbeitungsfähigkeit des Werkstoffes geschlossen werden soll, und
4. die Dämpfungsprüfung, bei der die Dämpfung kleiner Schwingungen ermittelt wird.

A. Pomp und H. Schweinitz[1]) stellten eingehende Untersuchungen mit dem Pendelhärteprüfer an zu dem Zweck, die physikalischen Grundlagen des Gerätes kennen zu lernen und es auf seine Eignung für die Werkstoffprüfung zu untersuchen.

[1]) Mitt. Kaiser-Wilhelm-Institut Eisenforsch. Bd. 8 (1926) Lfg. 4 S. 79/100.

Abb. 9
Pendelhärteprüfer nach Herbert

Abb. 10
Beziehung zwischen Brinellhärte B und dem Beiwert der plastischen Verformung c_p

Von den bei der Zeithärteprüfung eintretenden elastischen und plastischen Verformungen des Werkstoffes können wir uns folgendes Bild machen. Im Probekörper entsteht eine Höhlung, deren Krümmungshalbmesser senkrecht zur Schwingungsebene gleich dem Kugelhalbmesser ist; in der Schwingungsrichtung dagegen hat sich eine von Härte und Elastizität des Werkstoffes abhängige Krümmung ausgebildet. Durch die elastische Verformung wird die Berührungsfläche zwischen Kugel und Werkstoff gebildet. Der Mittelpunkt der Berührungsfläche liegt im Ruhezustande senkrecht unter dem Mittelpunkt der Kugel; bei rollender Bewegung verschiebt sich die Berührungsfläche, und ihr Mittelpunkt eilt der Bewegung voraus.

Die Schwingungsebene, eine Symmetrieebene der Bahn, schneidet die Kugel in einem Kreis mit dem Halbmesser r und die Höhlung in einer Kurve, die einem Kreisbogen mit dem unbekannten Halbmesser R gleichgesetzt wird. Da weiterhin bewiesen wird, daß es sich bei der Bewegung der Pendelkugel tatsächlich um ein Rollen, nicht etwa um ein Gleiten handelt, wird infolge der erwähnten Symmetrie die Bewegung des Pendels durch das Abrollen zweier Kreise ineinander beschrieben. Es handelt sich also physikalisch um ein Rollpendel. In Anlehnung an G. Hamel[2]) wird unter Berücksichtigung der elastischen Verformung die Schwingungsgleichung dafür aufgestellt. Für kleine Ausschläge ergibt sich daraus die Schwingungsdauer

$$T = \pi \sqrt{\frac{i^2}{g\left[e + c_P + c_E\left(1 + \frac{c_P}{r}\right)\right]}}\,.$$

Es bedeuten darin: i Trägheitshalbmesser, der zu 10,6 cm ermittelt wird; g Erdbeschleunigung; e Pendellänge = Abstand des Schwerpunktes vom Kugelmittelpunkt; c_P Beiwert der plastischen Verformung; c_E Beiwert der elastischen Verformung, die aus dem Voreilen des Mittelpunktes der Berührungsfläche gegen den mathematischen Berührungspunkt der beiden Kreise abgeleitet wird.

Ein Vergleich mit zwei im Schrifttum bekannt gewordenen Gleichungen zeigte die größere Genauigkeit der abgeleiteten Gleichung, die durch Versuche bewiesen wird. Für den Einfluß des Kugelwerkstoffes ergibt sich, daß mit steigender Härte der Kugel die Schwingungsdauer abnimmt.

Für eine angenäherte Umrechnung der Zeithärte Z in die Brinellhärte B bestanden bisher die Gleichungen nach Herbert

$$B = 0{,}3\,Z^2 \quad \text{für } Z < 33{,}3$$
$$B = 10\,Z \quad \text{für } Z > 33{,}3$$

[2]) Elementare Mechanik, Leipzig und Berlin 1912, B. G. Teubner, S. 370

und nach Benedicks und Christiansen

$$Z = 1{,}7\sqrt{B} + 0{,}000\,047\,B^2\,.$$

Abweichend davon wird aus den Versuchswerten die Gleichung für $450 > Z > 12$ aufgestellt

$$Z = 0{,}081\,B + 7{,}6\,.$$

Da einzelne Versuchswerte keiner Umrechnungsgleichung genügen, wird weiterhin versucht, die Brinellhärte B mit c_P, und die auf Messung der elastischen Eigenschaften beruhende Shorehärte Sh mit c_E in Beziehung zu setzen. Dafür werden die Gleichungen abgeleitet

$$(c_P + 0{,}038)\,(B + 17{,}2) = 29{,}2$$

$$c_E = 0{,}05\,(2{,}114 - \log Sh),$$

die für gleichmäßig harte Stoffe mit $450 > B > 50$ gelten. Abb. 10 zeigt die schaubildliche Darstellung der Gleichung $(c_P + 0{,}038)\,(B + 17{,}2) = 29{,}2$; Werte für c_P, die aus Z und Sh berechnet wurden, zeigen nur geringe Abweichungen von der Schaulinie.

Weiterhin werden die bei der Prüfung der Bearbeitungsfähigkeit und der Winkelhärteprüfung eintretenden Verformungen erörtert.

Die Prüfung des Herbert-Pendels vom praktischen Standpunkt aus untersucht zunächst den Einfluß der Einstellung des Gerätes auf Zeit und Winkelhärte. Über den Probekörper wird ausgesagt, daß er fast in jeder Form und Größe vorliegen kann. Der Meßbereich schließt alle metallischen Baustoffe ein. Die Meßgenauigkeit ist im Mittel durchaus befriedigend. Sie sinkt mit abnehmender Härte und wird bei der Winkelhärte schließlich ungenügend. Bei der Winkelhärteprüfung zeigt sich eine Abhängigkeit ihres Ergebnisses vom Beobachter; zeitlich auseinanderliegende Messungen ergeben für die Zeithärte gleiche Werte, für die Winkelhärte dagegen unzulässige Abweichungen.

Für die Prüfung der Bearbeitungsfähigkeit wird eine von Herberts Vorschlägen abweichende Versuchsauswertung begründet. Der Bearbeitungswiderstand β ist das arithmetische Mittel der ersten zehn Ausschläge. Die Meßgenauigkeit von β ist befriedigend, zeitlich getrennte Messungen ergeben jedoch starke Abweichungen. Bei kalt verformten Stoffen ändern sich β und Z gleichmäßig mit dem Grad der Verformung. Bei erhöhten Temperaturen zeigt sich für β zwischen 100 ° und 150 °C bei einem weichen Stahl eine Abnahme.

Bearbeitungsfähigkeit kann sich auf den Widerstand gegen Verformung oder gegen spanabhebende Bearbeitung beziehen. Der Zusammenhang von β mit der ersten Deutung wird an einem Siliziumstahl mit 4 vH Si nachgeprüft. Die Werte für β werden bei verschiedenen Temperaturen ermittelt und zeigen weder einen Zusammenhang mit den Festigkeitseigenschaften noch mit der Erfahrungstatsache, daß die Verformbarkeit dieses Siliziumstahles mit steigender Temperatur zunimmt. Daraus wird geschlossen, daß ein Zusammenhang zwischen β und dem Widerstand gegen Verformung nicht besteht.

Der praktische Wert des Gerätes und der vier Prüfverfahren wird folgendermaßen beurteilt. Die Einstellung des Gerätes ist schwierig und zeitraubend und kann durch äußere Einflüsse gestört werden, was eine Verwendung in der Werkstatt ausschließt. Die Dämpfungsprüfung wird nicht untersucht, da ihre Ergebnisse keinerlei Zusammenhang mit irgendeiner Werkstoffeigenschaft liefern.

Die Prüfung der Bearbeitungsfähigkeit zeigt neben einer schwierigen Versuchsausführung eine starke Abhängigkeit vom Beobachter; überdies besteht kein Zusammenhang von β mit der Verformbarkeit. Bei der Winkelhärteprüfung ist die Versuchsausführung zu schwierig, die Härtewerte verschiedener Stoffe unterscheiden sich bei geringer Meßgenauigkeit nur ungenügend voneinander und hängen zu stark vom Beobachter ab. Aus diesen Gründen sind die erwähnten Prüfverfahren für praktische Anwendung ungeeignet.

Demgegenüber ist die Zeithärteprüfung ausgezeichnet durch kurze Versuchsdauer, geringe Abhängigkeit der Versuchsergebnisse vom Beobachter, hohe Meßgenauigkeit und eine durch großen Meßbereich entstehende fortlaufende Härteskala, weiterhin kann die Prüfung fast stets am fertigen Stück ausgeführt werden. Damit ist die Zeithärteprüfung dem Shoreschen Skleroskop und der Ritzhärteprüfung selbst in deren besonderen Anwendungsgebieten überlegen, dagegen nicht geeignet, die Brinellprüfung völlig zu ersetzen.

Die Vorzüge der Zeithärteprüfung ergeben eine Reihe von Anwendungsgebieten, für die eine Anzahl von praktischen Beispielen angeführt werden. Wegen des ausge-

dehnten Meßbereiches und der großen Meßgenauigkeit bei hoher Härte eignet sich das Verfahren zur Prüfung sehr harter Stoffe, wie Härteprüfungen an zementierten Stählen und Rasierklingen zeigen. Die Untersuchung der Rasierklingen weist nach, daß ein Zusammenhang zwischen der Güte der Klingen und ihrer Härte oder der Gleichmäßigkeit ihrer Härte nicht festzustellen ist. Diese Untersuchung berührt gleichzeitig ein weiteres Anwendungsgebiet, die Prüfung dünner Bleche. Bei einer Anzahl von kaltgewalzten Metallen wird die Härtezunahme bei verschiedenen Walzgraden ermittelt; die geringste Dicke der Bleche beträgt dabei 0,2 mm. Für ein sehr weiches Blech ($Z = 13,0$) soll die untere Grenze der Blechdicke 0,3 mm betragen.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Prüfung auf Gleichmäßigkeit in der Härte. So werden Troostitflecke in einem sonst martensitischen gehärteten Stahl nachgewiesen. Die schmale Randzone eines mit der Schweißflamme geschnittenen Stahles zeigt eine größere Härte als der übrige Werkstoff. Für ihren Verwendungszweck ungeeignete Uhrfedern zeigen geringere und unregelmäßige Härte, geeignete dagegen höhere und gleichmäßige Härte.

Ein weiteres Anwendungsgebiet sind Untersuchungen an Körpern kleiner Abmessungen oder kleiner Meßflächen; so werden Härtebestimmungen an den Schnittflächen dünner Rohre und an Drähten ausgeführt. [M 2345]

Düsseldorf A. Pomp

Berichtigung

Ventil mit Feineinstellung für Druckgase

In der Mitteilung, Z. Bd. 70 (1926) S. 961, ist gesagt, die üblichen Druckminderventile genügten nicht, um den Druck eines Gases sehr genau zu regeln. Das ist unzutreffend, vielmehr muß es heißen, die üblichen Druckminderventile genügen nicht, um die Menge eines Gases sehr genau zu regeln, was gerade durch diese neue Bauart bezweckt wird. [N 279]

Kleine Mitteilungen

Die Maschinenanlage des Kraftwerkes Tremorgio[1])

Der Drehstromerzeuger für 10 000 kVA Dauerleistung bei 8400 V und 50 Per./s ist unmittelbar mit einer einstrahligen Becherturbine von 15 000 PS Höchstleistung bei 750 Uml./min gekuppelt. Der Transformator ist unter- und oberspannungsseitig im Stern geschaltet und leistet 10 000 kVA bei 8000/50 000 V. In der Maschinenhalle sind außerdem zwei neunstufige Hochdruck-Kreiselpumpen von je 30 t Gewicht aufgestellt, die bei 1000 Uml./min und 920 m manometrischer Förderhöhe je 410 l/s Wasser fördern können. Der Kraftbedarf beider Pumpen beträgt hierbei insgesamt 12 810 PS.

Die eine der Pumpen ist mittels einer elastischen Kupplung ständig mit der Welle eines Übersetzungsgetriebes und damit mit der Turbinenwelle verbunden. Die andre kann je nach Bedarf mittels einer Elektromagnet-Kupplung zu- und abgeschaltet werden. Das Getriebe, Bauart Maag, Zürich, arbeitet mit einem Zahndruck von 200 kg auf 1 cm Zahnbreite bei 400 mm Gesamtbreite. (Schweizer. Bauzeitg. 12. März 1927 S. 141*) [N 280 a] Sd.

Speisewasseraufbereitung mittels Natriumphosphates

Nach den Versuchen von Dr. R. E. Hall[2]) hängt die Kesselsteinbildung in erster Linie von dem Betriebsdruck und der Sulfatkonzentration ab. Je höher diese sind, um so mehr Soda muß zugesetzt werden, um die Bildung von Kalziumsulfat und Silikaten zu verhindern. Die zur Verhütung von Kesselsteinansatz erforderliche Sodakonzentration kann aber gerade bei hohen Drücken, wo sie besonders stark sein muß, nicht aufrechterhalten werden, weil sich bei höheren Temperaturen CO_2 unter Bildung von Ätznatron abspaltet. Wenn man dagegen statt Soda (Na_2CO_3) Natriumphosphat (Na_3PO_4) zusetzt, so erreicht man ebenfalls, daß sich die Kesselsteinbildner als Schlamm niederschlagen und vermeidet die für die Kesselbleche gefährliche Spaltung in Ätznatron und Kohlensäure.

Dieser Vorschlag von Dr. Hall soll sich in der Praxis bewährt haben. Nach einem amerikanischen Bericht ist in einer großen Kesselanlage die Sodareinigung durch Natriumphosphatreinigung ersetzt worden, und die seit mehr als zwei Jahren ununterbrochen in Betrieb stehenden Kessel sollen keine Spur von Kesselsteinansatz und Anfressungen zeigen, während früher bei Sodareinigung des gleichen Rohwassers der sich dauernd bildende Kesselstein häufig entfernt werden mußte. („Power“ 1. März 1927 S. 322) [N 280 c] Pt.

Ankerturm für Luftschiffe

In dem englischen Luftschiffhafen Cardington, rd. 900 m von der Luftschiffhalle entfernt, ist ein 61 m hoher Ankerturm für Luftschiffe aufgestellt worden. Das Stahlgerippe des achteckig ausgebildeten Turmes ruht auf acht Füßen. In 43 m Höhe befindet sich eine Scheinwerfergalerie und in rd. 52 m Höhe ein Gewölbe mit kreisförmigem Querschnitt und 7,6 m Dmr., in dessen Kuppel die Befestigung für das Luftschiff eingebaut ist. Ein Fahrstuhl befördert die Personen bis auf 46,5 m Höhe. Als Beanspruchung wurden für die Berechnung der Eisenkonstruktion eine Zugkraft von 30 t, die in 61 m Höhe angreift und durch das Luftschiff hervorgerufen wird, sowie ein Winddruck von rd. 150 kg/m² zugrunde gelegt.

Die Befestigungsvorrichtung besteht aus einem dreiteiligen ausziehbaren Körper, der so aufgehängt ist, daß er nach jeder Seite um 30° schwenken kann. Das Luftschiff wird an einem Seil befestigt, das durch das innere Rohr des dreiteiligen Körpers geführt ist und durch eine Winde angezogen werden kann. („The Engineer“ 11. März 1927 S. 258*) [N 280 f] Gw.

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 106.

[2]) Vergl. „Power“ Bd. 63 (1926) S. 194 und „Archiv für Wärmewirtschaft“ Bd. 7 (1926) S. 344.

Benzinelektrische Triebwagen mit Aluminiumaufbau

Die Detroit—Toledo—Ironton-Bahn hat im Oktober vorigen Jahres zwei gaselektrische Triebwagen für den Verkehr zwischen Delray, Mich.. und Bainbridge, Ohio, in Dienst gestellt. Die Wagen lauten täglich eine Strecke von 450 km. Sie sind 22,1 m lang und haben zwei zweiachsige Drehgestelle. Der ganz in Aluminium ausgeführte Wagenkasten ist durch Zwischenwände in Führerstand, Postabteil, Gepäckraum, Raucherabteil und Nichtraucherabteil unterteilt. Im ganzen sind 46 Sitzplätze vorhanden. Die Kraftanlage besteht aus zwei Benzinmotoren von je 150 PS bei 1700 bis 1800 Uml./min, die mit Stromerzeugern von 750 V unmittelbar gekuppelt sind. Die Maschinen drehen sich in entgegengesetzter Richtung und sind besonders gelagert, so daß möglichst wenig Schwingungen auftreten. Zwei Elektromotoren sollen entweder einzeln oder auch gleichzeitig auf die Achsen des vorderen Drehgestelles arbeiten. Die Geschwindigkeit ist zu 96,5 km/h bei Antrieb durch einen Motor festgestellt worden. („Railway Age“ 26. Februar 1927 S. 563*) [N 280 g] C. B.

Neue Londoner Straßenbahnwagen

Kürzlich wurden bei der Londoner Straßenbahn Probefahrten mit zwei von zwei verschiedenen Gesellschaften gebauten zweistöckigen, ganz geschlossenen Straßenbahnwagen gemacht. Mit diesen Versuchen will man größere Fahrgeschwindigkeiten erproben und feststellen, wie sich die Anordnung mit Eingang an der hinteren und Ausgang an der vorderen Plattform bewährt. Die beiden Wagen sind mit zwei zweiachsigen Niederahmen-Drehgestellen ausgerüstet, deren Treibräder 710 mm gegenüber 800 mm Dmr. bei älteren Ausführungen haben. Für die Achslager werden Rollenlager und für die Ankerwellenlager Kugel- und Rollenlager verwendet. Jedes der beiden Drehgestelle hat einen 50 PS-Motor mit einem Gewicht von 16 kg/PS gegenüber 25 kg/PS bei älteren Ausführungen.

Durch Druckluft betätigte Bremsorgane wirken auf sämtliche Räder und die Schienen. An den Wagenenden befinden sich Notbremshähne. Die Sitzanordnung ist besonders bequem; der eine Wagen faßt unten 28, oben 36, der andre unten 27, oben 44 Fahrgäste. („Engineering“ 4. März 1927 S. 270) [N 280 h] Krs.

Schrotpreßlinge für den Kuppelofen

In der Gießerei der Firma Dodge Brothers, Inc., fallen innerhalb 24 h rd. 50 t gußeiserner Bohrspäne und Drehspäne aus den ihr zugehörigen Betrieben an, die zu Preßlingen verarbeitet werden. Die Gesellschaft verkauft den Schrot nicht mehr und erspart jetzt rd. 40 ℳ/t durch die Verwendung der Preßlinge an Stelle von Roheisen. Zuerst wurden die Späne mit hohen Unkosten in Ofenrohre eingefüllt, damit sie nicht zum Kuppelofen hinausgeblasen würden. Jetzt werden sie ohne Bindemittel in einer Presse mit rd. 2800 kg/cm² Druck zu Preßlingen von rd. 10 cm Dmr., rd. 8 cm Höhe und einem Gewicht von rd. 3 kg ge-

preßt. Dadurch werden etwa 10 vH des vorher statt Schrot verwendeten Roheisens erspart. Ein wesentlicher Vorteil für den Betrieb ist auch, daß die chemische Zusammensetzung dieser aus der eigenen Erzeugung stammenden Spänepreßlinge genau bekannt ist. („Automotives Industries“ 22. Januar 1927 S. 80*) [N 280 d] M. W. N.

Tempergußerzeugung in den Vereinigten Staaten von Amerika

Die Herstellung von Temperguß in den Vereinigten Staaten betrug 1926 nahezu 1 000 000 t, also etwa ebensoviel wie 1924 und 1925. 1923 war die Erzeugung infolge des großen Bedarfs für den Eisenbahn- und Kraftfahrzeugbau um 5 vH höher als in den letzten drei Jahren. Bei 139 Anlagen, etwa 80 bis 85 vH aller Tempergießereien in den Vereinigten Staaten von Amerika, die ihre Berichte an das Department of Commerce einsenden, betrug die Gesamterzeugung im Jahre 1925 737 530 t, 1926 728 930 t. Werden die Gießereibetriebe hinzugerechnet, die nicht berichtet haben, so vermehrt sich die Erzeugung auf 850 000 t. Hierzu kommen noch die Unternehmungen, die Temperguß für eigenen Bedarf herstellen, mit einer Erzeugung von rd. 150 000 t. („The Iron Age“ 3. März 1927 S. 634)
[N 280 e] Bb.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

„Hütte“. Des Ingenieurs Taschenbuch. Herausg. vom Akademischen Verein Hütte e. V., Berlin. 25. neubearb. Aufl. 2. Bd. Berlin 1926, Wilhelm Ernst & Sohn. 1167 S. Preis 17,70 ℳ.

Eine neue Hütte wird immer mit Spannung erwartet. Kann aus ihr doch entnommen werden, wieviel vom technischen Fortschritt und von den letzten Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung taschenbuchreif geworden ist, wie viel (oder wie wenig) vom alten Bestand dem Neuen weichen kann.

Es wäre eine reizvolle Aufgabe, an der Hand der 25 Auflagen nachzuweisen, welche Wandlungen auf dem einen oder anderen Gebiet eingetreten sind, wie sich Ziel oder Weg geändert haben. Ein Kapitel für sich sind die Abbildungen. Noch ist der „Taschenbuchstil“ nicht bei allen getroffen, aber die vielen guten Vorbilder werden hoffentlich einen Anreiz dafür bieten, nunmehr auch die weniger guten restlos zu beseitigen.

Der zweite Band enthält die Maschinenteile, die Kraftmaschinen und das für den Ingenieur Wichtigste über Arbeitsmaschinen, Beleuchtung und Elektrotechnik. Fast alle Abschnitte haben — durch meist neue Bearbeiter — eine weitgehende Umgestaltung erfahren, namentlich die Maschinenteile, die ein Viertel des Buches einnehmen. Hier wurde eine neue Einteilung versucht (Elemente zur Leitung und Schaltung von Füllstoffen, zur Leitung, Umformung und Schaltung von Formstoffen, zur Energieumformung und Schaltung in Hüllstoffen und endlich zur Beruhigung und Reglung), die zwar eine in vieler Beziehung sehr befruchtende Systematik ermöglicht, aber vielleicht die konstruktiven Gesichtspunkte zu wenig zur Geltung bringt. Aber wo wären Vorteile ohne Nachteile!

In allen Abschnitten ist dieses Ringen mit dem Stoff zu spüren und das erfolgreiche Streben zu erkennen, die bedrohlich anschwellende Wissensmenge zu fassen und umzumünzen in jenes Gebrauchswissen, das der Ingenieur an seinem Arbeitsplatz täglich benötigt.
[E 81] C. Volk

Anleitung zu maschinentechnischen Messungen und Untersuchungen. Von P. Langer und W. Thomé. Berlin 1926, VDI-Verlag. 24 S. m. 19 Abb. Preis 1,20 ℳ.

Wenn man beachtet, wie oft Versuche nur aus dem Grunde wiederholt werden müssen, weil der Versuchsbericht lückenhaft und die Darstellung der Ergebnisse widerspruchsvoll sind, so wird man die vorliegende Arbeit begrüßen, die an sich selbstverständliche Maßnahmen erörtert und einen Anhalt gibt, wie für einwandfreie Ergebnisse beim Versuch vorzugehen ist. Die Überschriften der Abschnitte lauten: Allgemeines über Messen und Meßinstrumente, über Meßmethoden, Erfassung der Fehler der Meßgeräte, Erfassung der Beobachtungsfehler, Anleitung zur Organisation und Durchführung von Versuchen sowie zur Auswertung von Versuchsergebnissen. Besonders beachtenswert ist der Abschnitt über Beobachtungsfehler, worin auf die Wichtigkeit der Randbedingungen hingewiesen wird.

Technologie der Fette und Öle. Von Karl Löffl. Braunschweig 1926, Friedr. Vieweg & Sohn. 510 S. m. 283 Abb. Preis 38 ℳ.

Bei der großen Zahl anerkannter Bücher, die dieses Gebiet behandeln, ist es zunächst fraglich, ob für ein neues Bedarf vorhanden ist. Richtig ist der Grundgedanke des vorliegenden Buches, eine reine Technologie zu geben, ohne Chemie, Analyse und Botanik, weil nur die Technologie rasch veraltet und bald einer neuen Bearbeitung bedarf und für den Praktiker, der Rat über die neuesten Erfahrungen und Methoden sucht, das Mitschleppen des anderen Stoffes unerwünscht ist.

Das Buch behandelt daher nach einem kurzen ersten Abschnitt über die Chemie der Fette und Öle die Gewinnung dieser Stoffe, und zwar Gewinnung der pflanzlichen Fette und Öle, Extraktion, Gewinnung der tierischen Fette und Öle, Raffination, Eigenschaften der wichtigsten Fette und Öle. Im nächsten Abschnitt findet man deren Verarbeitung, Kunstspeisefett, Fetthärtung, Fettspaltung.

So erwünscht die Wiedergabe möglichst vieler Patentschriften ist, sollte man dies nicht übertreiben; auch sollten beim Abdruck von Firmendruckschriften (z. B. beim Vergleich zwischen Erhitzung durch freies Feuer, Sattdampf, überhitzten Dampf und überhitztes Wasser) wenigstens die nötigen stilistischen Änderungen vorgenommen werden. Eine große Zahl von Druckfehlern und sprachlichen Unebenheiten hätte man bei der Berichtigung vermeiden können. Druck und Abbildungen sind zu loben.
[E 80] Lederer

Metallographie. Von W. Guertler. 2. Bd., 4. T.: Gewerbliche Metallkunde. Von M. Keinert. Berlin 1926, Gebr. Borntraeger. 483 S. Preis 38 ℳ.

Das Buch enthält eine Zusammenstellung aller Legierungen, die bisher in der Praxis Verwendung gefunden haben und darüber hinaus überhaupt aller Legierungen, die in der Literatur oder in Patentschriften beschrieben wurden. Es handelt sich hier um die erstmalige Zusammenfassung eines fast unübersehbar großen Zahlenmaterials in übersichtlicher und kritischer Form. Wie mit Recht in der Einleitung hervorgehoben wird, sind die Quellenangaben nicht immer verläßlich, insbesondre die Patentschriften.

Um nun die gesamten Angaben zu verwerten und dem Benutzer des Werkes dennoch eine kritische Beurteilung der einzelnen Angaben zu ermöglichen, hat der Verfasser den Weg eingeschlagen, die Legierungen planmäßig zu ordnen, so daß die Angaben verschiedener Verfasser über verwandte Legierungen zusammenrücken und man aus ihrem Vergleich ein Urteil über die Verläßlichkeit der einzelnen Angaben gewinnt. Diese Nachprüfung wird noch durch Heranziehung der Angaben über die Konstitution der betreffenden Legierungen gefördert. Eine besondere Erleichterung erfahren diese Zusammenstellungen dadurch, daß Legierungen mit gemeinsamen Bestandteilen soweit wie möglich in graphischen Darstellungen vereinigt sind. Aus der Reihe fallende Angaben treten dabei sofort besonders sinnfällig vor Augen. Da das Werk in der gekennzeichneten Weise die gesamten bekannten Metallegierungen für bestimmte technische Zwecke angibt, wird es sich ohne Zweifel als guter Wegweiser und als unentbehrliches Hilfsmittel für jeden auf dem metallurgischen Gebiete tätigen Praktiker erweisen. [E 89] K. Lichtenecker

Die rationelle Bewirtschaftung des Betons. Von Arnold Agatz. Berlin 1927, Julius Springer. 124 S. m. 60 Abb. Preis 7,50 ℳ.

In der Nachkriegszeit ist man in Deutschland in weitgehendem Maße zum Gußbeton übergegangen, der bei einer größeren Anzahl von Kunstbauten für Häfen und Kanäle angewendet worden ist. Der Verfasser berichtet über seine Erfahrungen in Bremen beim Bau der Nordkaje des Hafens II und übt im Anschluß hieran Kritik an der Herstellung, Aufbereitung und Materialprüfung des Betons sowie an der Sammlung von Erfahrungen. Er kommt zu dem Schluß, daß in Erkenntnis der Unzulänglichkeit des Einzelnen und des Wertes der Zusammenarbeit eine Zentralstelle für die Erforschung des Betons geschaffen werden soll.

Baustofflehre. Von Heinrich Seipp. 5. verb. Aufl. Leipzig 1926, H. A. Ludwig Degener. 140 S. m. 123 Abb. Preis 3,80 ℳ.

Die Behandlung der verschiedenen Werkstoffe ist ihrer Bedeutung für den Hoch- und Tiefbau angemessen. Die Ordnung des Stoffes ist einwandfrei und übersichtlich. Der außerordentlich klare und knappe Stil und die Vermeidung von zu viel Zahlenangaben erleichtern das Lesen.

Besonders die Abschnitte über Bausteine, Mörtel und Bauhölzer bringen auf engem Raum eine große Zahl der für das Bauwesen wichtigen Angaben über Rohstoffe, Verarbeitung, Eigenschaften, Prüfung und Verwendung. Bauvorschriften und Normen sind weitgehend berücksichtigt. Begriffe und Benennungen sind sorgfältig gewählt, und trotz der Fülle von Namen und Hinweisen ist das ganze Werk übersichtlich und für seinen Verwendungszweck im Unterricht und in der Praxis ausgezeichnet.

[E 84] De.

Der durchlaufende Träger über ungleichen Öffnungen. Von Emil Kammer. Berlin 1926, Julius Springer. 269 S. m. 303 Abb. Preis 27 ℳ.

Das vorliegende Werk gibt dem Statiker Hilfsmittel zur Vereinfachung und Abkürzung der statischen Berechnung durchlaufender Balken an die Hand. Hierzu sind im dritten Teil eine Reihe von Hilfstafeln gebracht, deren Anwendung im zweiten Teil an Beispielen erläutert wird. Die zugrundeliegenden theoretischen Betrachtungen enthält der erste Teil in knapper Form.

Die Rheinisch-Westfälische Städtebahn Köln – Dortmund Von E. Giese. Berlin 1926, Verlag der „Verkehrstechnik" (Ullstein & Co.). 213 S. m. 43 Abb. Preis 12 ℳ.

Die Arbeit enthält außerordentlich umfassende statistische Unterlagen für die Schätzung des voraussichtlichen Verkehrs, eine Menge wertvoller Zahlen, die im einzelnen schwer zu beschaffen sind, über die Verhältnisse der großstädtischen Schnellbahnen und über die Entwicklung des Reichsbahnverkehrs im rheinisch-westfälischen Industriegebiet. Wertvoll sind ferner die Überlegungen, die der Verfasser anstellt, um aus diesen Unterlagen die Verhältnisse der geplanten Schnellbahn zu schätzen.

Selbstverständlich können die Betriebsergebnisse der bestehenden Bahnen nicht ohne weiteres auf ein völlig anders geartetes neues Unternehmen übertragen werden. Das tut Giese auch nicht. Seine Schätzungen der Platzausnutzung, der mittleren Reiselänge und Fahrgeldeinnahme, der Größe des zu erwartenden Verkehrs, insbesondere der Abwanderung von der Reichsbahn und von der Straßenbahn, der Verkehrsteigerung und des Neuverkehrs werden eingehend begründet. Immerhin können sie nur mit einem gewissen Spielraum abgegeben werden. Es ist daher wohl möglich, daß andere Fachleute aus den gleichen Unterlagen zu abweichenden Schlußfolgerungen gelangen. Aber es bleibt ein Verdienst Gieses, daß er die Unterlagen in geradezu vorbildlicher Weise und in seltener Vollständigkeit gegeben hat.

Für die Schätzungen des Anlagekapitals und der Betriebsausgaben fehlen so sichere Unterlagen. Deswegen wird die Schlußfolgerung, daß die geplante Rheinisch-Westfälische Städtebahn wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen sei, nicht von allen Fachleuten geteilt werden. Die Auffassung, daß die vorliegenden Verkehrsaufgaben durch Ausbau des Reichsbahnnetzes auf billigere Weise gelöst werden könnten, wird nur durch allgemeine Schätzungen, nicht aber durch zahlenmäßige Unterlagen begründet. Auch hierüber kann man abweichender Meinung sein, und im ganzen scheint eine günstigere Auffassung über das Endergebnis wohl vertretbar. Das schmälert aber die Anerkennung nicht, die die vorliegende Arbeit verdient. Für den Fachmann ist sie sehr wertvoll.

[E 85] R. Petersen

The Motor Ship Reference Book for 1927. Herausgeg. von der Zeitschrift „The Motor Ship". London 1927, Temple Press Ltd. 191 S. m. zahlr. Abb. Preis 5 sh.

Dem Vorgang der amerikanischen Zeitschrift „Motorship" ist die englische „The Motorship" gefolgt und hat im Jahre 1925 zum erstenmal ein Jahrbuch herausgegeben. Das vorliegende Jahrbuch enthält 19 Abschnitte, in denen die Geschichte und Entwicklung des Motorschiffes, eine kurze Beschreibung der wichtigsten Dieselmotoren, Bauvorschriften von Lloyds Register, eine Zusammenstellung der Ölhäfen, statistische Angaben und anderes mehr behandelt werden. Das Jahrbuch ist somit für den Gebrauch der Praxis bestimmt und gibt einen guten Einblick in den Bau und Betrieb von Motorschiffen.

Die Grundlagen der Berechnung von Ledertreibriemen. Von Oskar Riethof und Friedrich Weinberger. Leipzig 1927, Paul Schulze. 16 S. m. einigen Bemessungstabellen. Preis 3 ℳ.

Schalterbau. Von Robert Edler. 2. Bd.: Schaltlehre. (Wege zum Schaltplan.) 2. Aufl. Leipzig 1927, Max Jänecke. 412 S. m. 346 Abb. Preis 19,75 ℳ.

Die Eigenschaften elektrotechnischer Isoliermaterialien in graphischen Darstellungen. Von U. Retzow. Berlin 1927, Julius Springer. 250 S. m. 330 Abb. Preis 24 ℳ.

Kohle — Koks — Teer, 13. Bd.: **Die Auswertung der Ergebnisse der Feuerungsuntersuchung bei festen und flüssigen Brennstoffen.** Von Heinrich Kolbe. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 64 S. m. 17 Abb. Preis 5,90 ℳ.

AWF. **Der Spritzguß und seine Anwendung.** Bearbeitet vom Ausschuß für Spritzguß beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF) unter Mitarbeit der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 40 S. m. 25 Abb. Preis 1,50 ℳ.

Die Einflüsse bewegter Lasten auf Brücken und das Problem der Radreibung. Von Artur Buchwald. Wien 1926, Gewerbliche Druck- und Verlagsanstalt. 54 S. m. 7 Abb. Preis 7 ö. Sch.

Eisenbahn-Betriebsunfälle und ihre Verhütung. Von Adolf Bloß. Berlin 1926, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 95 S. m. Abb. Preis 3,40 ℳ.

Der elektrische Kraftwagen. Von W. Rödiger. Berlin 1927, Georg Siemens. 164 S. m. 79 Abb. Preis 6 ℳ.

Die Organisation des Fernmeldewesens der Deutschen Reichsbahn. Von A. van Biema. Berlin 1926, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 76 S. m. 23 Abb. Preis 5 ℳ.

Lehrbuch der Enzyme. Von Carl Oppenheimer unter Mitarbeit von Richard Kuhn. Leipzig 1927, Georg Thieme. 660 S. m. 18 Abb. Preis 36 ℳ.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES

66 ste Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg, 28. bis 30. Mai 1927

Sonnabend, den 28. Mai 1927

Versammlung des Vorstandsrates

Zeit: Vormittag 8,30 Uhr **Ort:** Mannheim, Versammlungssaal des Rosengartens

TAGESORDNUNG:

1. Eröffnung. Anwesenheitsliste. Schriftführer. Beglaubiger der Niederschriften.
2. Geschäftsbericht der Direktoren.
3. Wahlen: a) dreier Beigeordneter im Vorstand, b) Vorschläge zweier Rechnungsprüfer und zweier Stellvertreter für Prüfung der Rechnung 1927, c) der Mitglieder und Stellvertreter des Wahlausschusses, d) zweier Mitglieder des Kuratoriums der Ingenieurhilfe.
4. Vorschläge für Ehrungen.
5. Anträge auf Änderung der Satzung und Geschäftsordnung:
   a) Antrag des Vorstandes auf Ergänzung des § 64 der Satzung: Verwendung des Vereinsvermögens bei Auflösung des V. d. I.
   b) Anträge des Fränkisch-Oberpfälzischen Bezirksvereines: Festsetzung des Beitrages für die im Laufe des Jahres eintretenden Mitglieder (§§ 12, 13). — Festsetzung des Eintrittsgeldes für besuchende Mitglieder (Nr. 3 der Geschäftsordnung).

6. Weitere Anträge der Bezirksvereine:
   a) Frankfurter B.-V.: Veröffentlichung von Jahresberichten der B.-V. in der VDI-Zeitschrift.
   b) Hamburger B.-V.: Stärkere Zusammenfassung der deutschen technisch-wissenschaftlichen Vereinsarbeit und Verminderung der Zahl technisch-wissenschaftlicher Zeitschriften.
   c) Teutoburger B.-V.: Techniker im Auslandsdienst.
7. Bericht des Patentausschusses.
   Dazu: Antrag des Hannoverschen B.-V.: Geschäftsgang beim Reichspatentamt.
8. Handhabung der Leitsätze 3 und 4 für die Prüfung der Aufnahmegesuche (Bericht des Herrn Blaum).
9. Entwurf eines Reichsgesetzes zur Errichtung von Kammern der freien technischen Berufe.
10. Geschäftliches:
   a) Rechnung des Jahres 1926, Bericht der Rechnungsprüfer.
   b) Erhöhung des Tagegeldersatzes (Nr. 45 der Geschäftsordnung).
   c) Festsetzung des Beitrages 1928 für die in Deutschland wohnenden Mitglieder.
   d) Überweisungen des Gesamtvereines an die B.-V.
   e) Haushaltplan für 1927 und 1928.
   f) Bericht des Kuratoriums der Ingenieurhilfe über das Jahr 1926.
   g) Bericht des vom Vorstandsrat gewählten Ausschusses für die Ingenieur-Nothilfe über das Jahr 1926.
   h) Ort der Hauptversammlung 1928.

Falls erforderlich, wird die Versammlung am 29. Mai 1927, vormittag 8 Uhr, fortgesetzt.
Die Verhandlungen über etwaige von der Hauptversammlung an den Vorstandsrat zur endgültigen Beschlußfassung zurückverwiesene Beschlüsse (Satzung §§ 32 und 44) finden gegebenenfalls am Sonntag, dem 29. Mai 1927, nachmittag 1 Uhr, statt.

Sonntag, den 29. Mai 1927

Hauptversammlung

Geschäftliche Verhandlungen (nur für Vereinsmitglieder)

Zeit: Vormittag 9 Uhr **Ort: Mannheim, Versammlungssaal des Rosengartens**

TAGESORDNUNG:

1. Geschäftsbericht der Direktoren.
2. Bericht der Rechnungsprüfer. Genehmigung der Rechnung des Jahres 1926 und Entlastung des Vorstandes.
3. Wahl zweier Rechnungsprüfer und ihrer Stellvertreter für die Rechnung des Jahres 1927.
4. Änderungen der Satzung:
   a) Antrag des Vorstandes auf Ergänzung des § 64 der Satzung: Verwendung des Vereinsvermögens bei Auflösung des V. d. I.
   b) Anträge des Fränkisch-Oberpfälzischen Bezirksvereines: Festsetzung des Beitrages für die im Laufe des Jahres eintretenden Mitglieder (§§ 12, 13). — Festsetzung des Eintrittsgeldes für besuchende Mitglieder (Nr. 3 der Geschäftsordnung).
5. Entgegennahme und Besprechung des Berichtes über die Verhandlungen, Wahlen und Beschlüsse des Vorstandsrates.

Wissenschaftliche Verhandlungen

Zeit: Vormittag 10 Uhr **Ort: Mannheim, Musensaal des Rosengartens**

1. Eröffnungsansprache des Vorsitzenden. 2. Begrüßungen. 3. Ehrungen.
4. Vorträge:

Prof. Dr.-Ing. Heidebroek, Darmstadt: Technische Pionierleistungen als Träger industriellen Fortschritts.
Ministerialrat Dr. Kruckow, Berlin: Neuzeitliche technische Entwicklung der Deutschen Reichspost.

Sonnabend, den 28. Mai 1927

Wissenschaftliche Fachsitzungen

Vormittag 9 Uhr: Ordentliche Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen — Verbrennungsmotoren.
Nachmittag 2 Uhr: Anstrichtechnik.

Montag, den 30. Mai 1927

Vormittag 8,30: Dampftechnik.
Vormittag 9 Uhr: Ausbildungswesen.
Nachmittag 2 Uhr: Betriebstechnik.

Technische Besichtigungen am Montag, dem 30. Mai 1927.
Das ausführliche Programm ist in den VDI-Nachrichten vom 23. März veröffentlicht.

Der Vorsitzende des Vereines deutscher Ingenieure

K. Wendt

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 2. APRIL 1927 NR. 14

Energiewirtschaft und Hochdruckdampfbetrieb

Von Prof. Dr. Löffler, Charlottenburg

Wärmewirtschaftliche Aussichten der Vergasung und der Verflüssigung von Kohlen — Kohlenstaubfeuerung — Hochdruck-Dampferzeuger — Gesichtspunkte für die neuzeitliche Energiewirtschaft

Die wichtigste Energiequelle ist die Wärme, wenn auch in einzelnen Ländern Wasserenergie in bedeutendem Maße ausgenutzt wird. Vor allem zwingen volkswirtschaftliche Interessen dazu, heimische Energievorräte zu verwenden, um im Notfalle, wie etwa in Kriegszeiten, vom Bezuge fremder Energiestoffe unabhängig zu sein.

Privatwirtschaftlich ist die Ausnutzung von Wasserkräften wegen der hohen Anlagekosten selten vorteilhaft. Aus demselben Grunde werden auch Windkräfte nur in geringem Maße zur Energiewirtschaft herangezogen, obwohl sie in großen Höhen überall in ausreichender Stärke und Gleichmäßigkeit zur Verfügung stehen.

Die hauptsächlichen Rohstoffe der Wärmeenergie sind Kohle und Öl. Nur selten strömen heizwertreiche Gase aus der Erde, die bequem ausgenutzt werden können; für die allgemeine Energiewirtschaft haben sie aber nur untergeordnete Bedeutung. Das Erdöl hat in den letzten Jahrzehnten durch die ungeheure Entwicklung des Kraftfahrzeugwesens größte Wichtigkeit im Wirtschaftsleben der Völker erlangt, und um den Besitz von Erdölquellen sind schon oft die schwersten Kämpfe ausgefochten worden. Während vor dem Weltkriege eine geradezu unbegrenzte Ergiebigkeit der vorhandenen Quellen angenommen wurde, hat die Verschwendung des Krieges zu einer sorgfältigeren Nachprüfung der Vorräte geführt, und man ist jetzt der Ansicht, daß schon in wenigen Jahrzehnten die Erdölquellen erschöpft sein werden, wenn die Entwicklung des Kraftwagenverkehrs in gleichem oder in noch stärkerem Maße weiter geht.

Schon heute reichen vielfach die durch die übliche Destillation bei gewöhnlichem Druck oder Unterdruck aus dem Erdöl gewinnbaren Benzinmengen für den Bedarf nicht aus, und man war daher besonders in Amerika gezwungen, durch Kracken, d. i. Destillieren unter 10 bis 15 at, die Benzinausbeute etwa zu verdoppeln.

Aber nicht nur im Kraftfahrzeugbetrieb, sondern auch bei ortfesten Anlagen, sowie in Lokomotiv- und besonders Schiffsbetrieben wird heute Öl für Dieselmaschinen und zur Beheizung von Kesseln gebraucht, obwohl die Wärmeeinheit sogar im gewöhnlichen Heizöl etwa zwei- bis dreimal soviel als bei Kohle kostet. Dies hängt mit der bequemeren Handhabung und Lagerung des Öles und der besseren Regelbarkeit der Ölfeuerung gegenüber der Rostfeuerung zusammen.

Was wird aber geschehen, wenn die Erdölquellen versiegen? Diese Frage beschäftigt besonders in Deutschland seit vielen Jahren Fachleute und Wissenschaftler lebhaft, und die chemische Technik ist schon seit mehreren Jahrzehnten an der Arbeit, um aus der Kohle flüssige Brennstoffe zu gewinnen. Zwei Wege sind es besonders, auf denen man das Ziel zu erreichen sucht:

1. Vergasung der Kohle im Gaserzeuger oder im Schwelofen und Behandlung des Teers durch Destillation oder durch Hydrierung.
2. Unmittelbare Verflüssigung der Kohle mittels Wasserstoffs bei hohem Druck und hoher Temperatur nach dem Verfahren von Bergius.

Beide Wege verlangen, wenn sie wirtschaftlich ausnutzbar sein sollen, besondere gas- und bitumenreiche Kohlensorten, sogenannte Schwel- oder Kokskohlen, die nicht überall zur Verfügung stehen, so daß nicht daran gedacht werden kann, die gesamte Energiewirtschaft auf die Benutzung von Gas oder Öl als Brennstoff aufzubauen. Solchen Bestrebungen würde auch die in neuerer Zeit immer mehr in Aufschwung kommende Kohlenstaubfeuerung entgegenwirken, die gestattet, minderwertige Kohlen wirtschaftlich zu verbrennen und die Verbrennung ähnlich bequem und gut regelbar wie bei Ölfeuerung durchzuführen. In Verbindung mit Hochdruck-Dampfanlagen kann man mit Kohlenstaubfeuerung schon bei reinem Kraftbetrieb eine nahezu ebenso hohe Wärmeausnutzung wie bei Dieselmaschinen erreichen. Die Wärmeausnutzung wird aber noch wesentlich besser, wenn Kraft- und Heizwirtschaft gekuppelt werden können. Auf alle Fälle wird die Zukunft einen wirtschaftlichen Wettbewerb der drei verschiedenen Energieformen bringen, die sich aus der Vergasung, Verflüssigung und Verstaubung der Kohle ergeben.

Während des Krieges ist die große Bedeutung der Kohlenschätze besonders stark hervorgetreten; von allen Seiten wurde die Forderung nach volkswirtschaftlicherer Ausnutzung der Kohle erhoben, deren Verbrennung als größte Verschwendung bezeichnet wurde. Ist doch die Kohle der Ausgangstoff für zahlreiche Stoffe, die die Farbenindustrie, die medizinische und pharmazeutische Technik brauchen und die durch Verbrennen der Kohle vernichtet werden. Daher verlangte man: Kein Verbrennen der Kohle ohne vorheriges Vergasen unter Teergewinnung!

Diese Bestrebungen gingen Hand in Hand mit der Bevorzugung der Verbrennungsmaschinen als Großgas- und Dieselmaschinen, die eine wesentlich bessere Brennstoffausnutzung ergaben als die damaligen Niederdruck-Dampfmaschinen. Man übersah allerdings, und das geschieht vielfach heute noch, daß dieser Vorteil der Verbrennungsmaschinen nur dann wesentlich ist, wenn industrielle Abfallgase (Gichtgas, Leuchtgas oder Koksofengas) oder billige Öle als Nebenerzeugnisse der Braunkohlen- oder Steinkohlendestillation verfügbar sind. Wo aber für den Gasmaschinenbetrieb erst besondere Vergasungsanlagen errichtet und betrieben oder für Dieselmaschinen teure Treiböle gekauft werden müssen, kostet der Dampfbetrieb mit billigen Kohlen schon bei den heutigen niedrigen Drücken häufig weniger.

Dabei käme als Grundlage für die Krafterzeugung mit Gasmaschinen im großen hauptsächlich Generator-Vergasung in Betracht, weil beim Schwelen der Kohle nur geringe Mengen, allerdings heizwertreicherer Gase gewonnen werden, während Teer und Koks die größere wirtschaftliche Bedeutung haben. Dies gilt auch für die Kokereien der Hüttenwerke, wo die Güte des Kokses, des notwendigen Hilfsstoffes für den Hochofenprozeß, wesentlich wichtiger ist als die daneben anfallenden Teere und Koksgase. Auch in Leuchtgasanstalten ist der als Nebenerzeugnis anfallende Koks und seine Verkäuflichkeit als

Abb. 1. Plan einer neuzeitlichen Generatorgasanlage

Heizstoff für Wohnungen von großem Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes und den Preis des Leuchtgases. Es ist daher begreiflich, daß für alle Schwelverfahren nur besonders geeignete, sogenannte Kokskohle günstig ist.

Auch beim Generatorprozeß spielen die Eigenschaften des Brennstoffes eine große Rolle. Haupterzeugnis ist das Gas, das in Gasmaschinen und zum Heizen verwendet werden soll. Der mitanfallende Teer ist eher eine lästige Beigabe, die namentlich in Gasmaschinen Störungen verursacht und daher restlos aus dem Gas entfernt werden muß. Mat hat sogar besondere Arten des Generatorprozesses erfunden, um den Teer schon während des Vergasens der Kohle möglichst vollständig zu verbrennen. Oder man hat besondere, teerarme Brennstoffe, wie Anthrazit oder Koks, vergast, die keine Schlackenschwierigkeiten bereiten.

Die Bedeutung des Teers als Rohstoff für Öle und verschiedene andre technische Erzeugnisse hat dazu geführt, auch beim Vergasen mit teerhaltigen Brennstoffen so zu arbeiten, daß der Teer vollständig gewonnen und nicht verbrannt wird (Urteergewinnung). Man baut daher auf den Vergaser des Gaserzeugers einen Schwelschacht auf, durch den ein Teil der heißen Generatorgase abzieht und bei mäßigen Temperaturen (unter 600 °C) den Teer abscheidet.

Abb. 1 zeigt den Plan einer neuzeitlichen Generatorgasanlage, worin der Weg des erzeugten Generator- und Schwelgases durch gestrichelte Pfeile angegeben ist. Aus dem Generator strömen die Gase durch Kühler und nach ihrer Mischung in Teerabscheider, hierauf zur Gasmaschine, deren Abgase in einem Kessel ihre Wärme für die Dampferzeugung abgeben. Die vielen Nebeneinrichtungen, wie Ventilatoren, Pumpen, Trockner und Armaturen, sind im Bilde weggelassen. Dagegen ist die Wärmeverteilung von der Kohle bis zu den Abgasen des Kessels deutlich zu erkennen.

Dem Bilde sind die Erzeugnisse einer neuzeitlichen Gaserzeugeranlage der MAN für Braunkohlenbriketts zugrundegelegt[1]); diese umfaßt zwei Gaserzeuger für je 30 t Tagesleistung, an die zwei Großgasmaschinen von rd. 2000 kW Gesamtleistung mit Abhitzekesseln angeschlossen sind. Der gesamte Wärmeertrag der Anlage in der Form von Teer, Nutzleistung der Gasmaschinen und Abdampf der Kessel beträgt rd. 53 vH der als Kohle zugeführten Wärme. Das ist eine für eine Gaserzeugeranlage außergewöhnlich günstige Wärmeausnutzung. Wenn trotzdem solche Anlagen heute noch sehr wenig verbreitet sind, so liegt das vor allem daran, daß der Betrieb nur bei besonders geeigneten Kohlensorten einfach und sicher ist. Sonst macht das zur Beseitigung von Schlackenansammlungen ständig erforderliche Stochern den Betrieb anstrengend und unsicher, zumal bis heute ein ausreichender Ersatz des Handstocherns mittels Eisenstangen (in Abb. 1 mit *S* bezeichnet) durch selbsttätige Einrichtungen noch nicht erfunden ist.

[1]) Vergl. Z. d. Bayrisch. Rev. V. Bd. 29 (1925) S. 43.

Abb. 2 Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Gas-, Diesel- und Dampfanlagen

Die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen hängt aber nicht allein von der Ausnutzung der Brennstoffwärme, sondern auch wesentlich von anderen Einflüssen ab, wie von Verzinsung und Tilgung der Anlagekosten und von den Kosten der Wartung und Erhaltung, die auch durch Umständlichkeit und Ausbesserbedürftigkeit der Anlage bedingt sind. Vergleicht man in diesem Sinne die Generatoranlage nach Abb. 1 mit einer Dieselmaschinenanlage und einem gewöhnlichen Dampfturbinenkraftwerk von 30 at Betriebsdruck, Abb. 2, so ergibt sich, daß sowohl bezüglich der Anlage- als auch der Betriebskosten das Dampfturbinenkraftwerk am wirtschaftlichsten arbeitet, insbesondre wenn neben Kraft auch Heizdampf gebraucht wird. Je höher der Anfangsdruck des Dampfes gewählt werden kann, desto günstiger schneidet das reine Dampfkraftwerk ab.

Neben den Generatorgasanlagen gewinnen in neuerer Zeit die Schwelanlagen für stark teerhaltige Kohlen zunehmend an Bedeutung. Die alten feststehenden Schwelschächte werden bei neuzeitlichen Schwelanlagen durch stehende oder liegende umlaufende Schweltrommeln ersetzt, die erheblich größere Durchsatzleistungen ergeben. Abb. 3 ist der Plan einer Schwelanlage mit stehenden Trommeln, mit Kühler, Teerabscheider usw., wobei die Schweltrommeln durch das erzeugte Schwelgas geheizt werden. Der eingetragene Wärmeverlauf gilt allgemein für mittlere Betriebsverhältnisse. Neben dem Teer spielt der anfallende Halbkoks die Hauptrolle, da für Nutzzwecke nur ein geringer Teil des Gases verbleibt. Die Wirtschaftlichkeit solcher Schwelanlagen hängt somit davon ab, ob man den Koks zu angemessenem Preise verwerten kann. Jedenfalls eignet sich der Schwelprozeß nur für besondere, bitumenreiche Kohlensorten, und man könnte noch weniger als beim Generatorgasprozeß daran denken, auf dieses Verfahren die allgemeine Energiewirtschaft aufzubauen. Nach den bisherigen Erfahrungen wäre es sogar kaum möglich, aus dem anfallenden Teer auch nur den Bedarf an flüssigen Brennstoffen für Kraftfahrzeuge zu decken.

Während des Krieges und in den letzten Jahren ist daher das Interesse an einer wirkungsvollen Verflüssigung der Kohlen stark gewachsen. Besonders bekannt ist das von Dr. Bergius, Heidelberg, herrührende Verfahren der unmittelbaren Verflüssigung der Kohlen bei hohem Druck (150 bis 250 at) und hoher Temperatur (450 bis

Abb. 3
Plan einer Schwelanlage

500 °C) unter Einwirkung von Wasserstoff[2]), an dessen baulicher und betrieblicher Ausbildung ich seit 1915 maßgebend mitgewirkt habe.

Die Durchführung des Verfahrens hat in der ersten Zeit Schwierigkeiten bereitet, die zum Teil mit den chemischen Einwirkungen auf das Reaktionsgefäß bei den hohen Temperaturen, zum Teil mit der Beherrschung des Wärmezustandes während der Reaktion zusammenhingen. Beide Schwierigkeiten wurden in verhältnismäßig einfacher Weise dadurch überwunden, daß das Reaktionsgefäß doppelwandig ausgeführt und das Heizmittel unter einem vom Reaktionsdruck nur wenig verschiedenen Druck durch den Mantelraum geleitet wurde. Die Kohle wird in Pulverform mit Öl und Eisenoxyd zu einer dicken Paste gemischt und mittels einer Pumpe in das Reaktionsgefäß gedrückt. Kohlenbrei und Wasserstoff werden vor Eintritt in das Reaktionsgefäß in besonderen Heizvorrichtungen bis nahezu auf die Reaktionstemperatur vorgewärmt, wodurch man eine sehr günstige Ausnutzung des verfügbaren Reaktionsraumes erzielt.

In Abb. 4 sind für mittlere Reaktionsverhältnisse die Ergebnisse einer Kohlenverflüssigung in Gewichtsanteilen dargestellt. Aus 100 kg Kohle, 5 kg Wasserstoff und 5 kg Eisenoxyd erhält man bei einer Reaktion ungefähr 45 kg flüssige und 21 kg gasförmige Kohlenwasserstoffe von hohem Heizwert.

In jahrelangen Versuchen ist es gelungen, die Einzelheiten der Apparatur und die Betriebsverhältnisse so zu gestalten, daß wochenlanger Dauerbetrieb unter diesen schwierigen Betriebsbedingungen ohne Störungen durchgeführt werden konnte. Der Betrieb läßt sich derart selbsttätig führen, daß man die Teile der Anlage, die hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt sind, aus der Ferne überwachen und regeln kann; die doppelwandige Ausführung des Reaktionsgefäßes erhöht insofern die Betriebsicherheit, als Beschädigungen oder Brüche des inneren Gefäßes keine Gefahren mit sich bringen.

Trotz dieses günstigen Ergebnisses der bisherigen Arbeiten auf dem Gebiete der Kohlenverflüssigung könnte man die allgemeine Kraft- und Wärmewirtschaft in der Hauptsache nicht auf Kohlenverflüssigung gründen; denn selbst das einfachste auf diesem Wege erzeugte Heizöl wäre immer noch mehr als doppelt so teuer wie Kohle. Aber wenn der Kohlenverflüssigung auch nur die Aufgabe verbliebe, die Brennstoffe für den Betrieb der Kraftfahrzeuge zu schaffen, so wäre dies allein schon der Boden für eine Riesenindustrie in allen Ländern. Die Erdölausbeute reicht schon heute nicht mehr aus, die erforderlichen Benzinmengen für den Kraftfahrbetrieb zu liefern, und kann in nicht sehr ferner Zeit ihr Ende finden, während der Bedarf an Kraftfahrzeugen ohne Zweifel stark zunehmen wird.

Für ortfeste Kraftbetriebe kommen wirtschaftlich vor allem Kohlen in Betracht, zumal große Mengen minderwertiger Kohlen zu Gebote stehen, die sich weder für Generatorgas- oder Schwelprozesse noch für Kohlenverflüssigung eignen. Diese Kohlen kann man als Kohlenstaub unter Kesseln verbrennen und ihre Wärme bei Hochdruckdampfbetrieb sehr wirtschaftlich ausnutzen. Wo Kraft- und Heizbetrieb gekuppelt werden können, würde sogar das Verfeuern von Gas oder Öl unter Kesseln bei Hochdruckdampfbetrieb wirtschaftlicher sein als der Betrieb mit Dieselmaschinen.

Kohlenstaubfeuerung

Es ist schwer zu verstehen, daß die Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung so lange gebraucht hat, zumal das Bedürfnis nach einer leicht und vollkommen regelbaren Kohlenfeuerung schon immer bestanden hat. Die Erzeugung des Kohlenstaubes hat schon vor Jahrzehnten keine Schwierigkeiten bereitet, da das Vermahlen harter Körper, besonders in der Zementindustrie, bekannt war. Anschei-

Abb. 4
Stoffumsetzung einer Berginanlage

[2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1313.

Abb. 5. Flammenführung in einer Kohlenstaubfeuerung bisheriger Bauart

nend hat nur Mangel an Verständnis für die besonderen Bedingungen der Verbrennung der Entwicklung der Staubfeuerung im Wege gestanden.

Die Erfahrungen bei der Verbrennungsmaschine weisen klar die richtigen Wege. Vollständige und vollkommene Verbrennung ist nur dann erreichbar, wenn die Kohle in möglichst feine Teilchen zerlegt, jedem Teilchen die zur Verbrennung nötige Luftmenge beigemischt und am Orte der Verbrennung der erforderliche hohe Wärmezustand geschaffen wird. Besonders der letzte Umstand wird noch wenig beachtet. Während bei Verbrennungsmaschinen der für die wirtschaftliche Verbrennung notwendige Wärmezustand vor allem durch hohe Vorverdichtung des Brennstoff-Luft-Gemisches erreicht wird, muß man bei Feuerungen nach hoher Temperatur des Feuerraumes und Vorwärmung des Gemisches streben. Hierzu eignen sich am besten Luftvorwärmung und innige Mischung mit dem Kohlenstaub vor der Verbrennung. Noch wichtiger als bei Verbrennungsmaschinen ist bei Feuerungen ausreichender Luftüberschuß, da es sonst selbst bei kräftigem Zerreißen feiner Kohlenstaubteilchen schwierig ist, den Luftsauerstoff in genügender Menge heranzuführen.

Abb. 6
Querschnitt des neuen Dampfkessels mit Kohlenstaubfeuerung der Combustion Eng. Co., New York

Zur Einleitung der Verbrennung muß, ähnlich wie bei Glühkopfmaschinen, der Feuerraum durch eine Hilfsheizung erst auf den zum Zünden des Kohlenstaub-Luft-Gemisches notwendigen Wärmezustand gebracht werden. Ist die Verbrennung dauernd im Gange, so schafft sie sich selbst die hohe Temperatur an der Brennstelle. Nichtsdestoweniger ist außerdem Luftvorwärmung wichtig, weil sonst Entzündung und Verbrennung verzögert und verschlechtert werden.

Mit den Erfahrungen bei Verbrennungsmaschinen steht die bisher bei Kohlenstaubfeuerungen übliche Unterteilung der Luftmischung und Verbrennung im Widerspruch. Während man bei Verbrennungsmaschinen vor der Verbrennung stets die ganze Luftmenge möglichst innig mit dem Brennstoff vermischt, um gleichzeitig und so rasch wie möglich alle Brennstoffteilchen vollständig zu verbrennen und schädliches Nachbrennen zu vermeiden, mischt man heute bei Kohlenstaubfeuerungen meist nur einen Teil (im Mittel etwa 20 bis 30 vH) der erforderlichen Luftmenge als Primärluft dem Kohlenstaube bei und führt im Brennraum den Rest als Sekundärluft an den Wänden entlang zu; man überläßt es so den noch unverbrannten Kohlenteilchen selbst, sich den Luftsauerstoff zu suchen, wobei aber ein großer Teil an den Wänden verbrennt.

Sehr anschaulich zeigt Abb. 5 die Flammenführung bei den heutigen Kohlenstaubfeuerungen an einem Steilrohrkessel. Kennzeichnend ist besonders das Umkehren der Flamme des von oben her eingeblasenen Kohlenstaubes. Dort soll sich die Asche ausscheiden, die an der vom Boden her zuströmenden kalten Luft abgeschreckt wird und sich in Körnern unten sammelt. Vielfach (insbesondere bei den amerikanischen Lopulco-Feuerungen) ist am Boden der Feuerkammer ein besonderer Kühlrost angeordnet, aus von Kesselwasser durchströmten Rohren bestehend, der das Körnen der Schlacke sichern soll.

Solche Gemischbildung und Flammenführung fordert lange Flammenwege sowie große und tiefe Brennräume. Im Mittel rechnet man mit etwa 150 000 kcal/h Wärmeerzeugung auf 1 m³ Brennraum, so daß schon kleine Kessel umfangreiche und teure Feuerräume brauchen.

Die brenntechnischen Vorteile der Kohlenstaubfeuerung lassen sich daher wirtschaftlich nur bei großen Kesseln oder bei minderwertiger, billiger Abfallkohle nutzbar machen, solange es nicht gelingt, mit wesentlich kleineren Feuerräumen betriebsichere und vollkommene Verbrennung von Kohlenstaub zu erzielen.

Abb. 7 und 8
Brunnen-Kohlenstaubfeuerung der Fuller-Gesellschaft

Verteuernd wirkt hierbei die starke Beanspruchung der Feuerraumwände durch Abbrand des Mauerwerks namentlich bei aschenreicher Kohle; diese bildet oft eine verhältnismäßig leicht schmelzende Schlacke, die an den Wänden herabfließt, die Luftzufuhröffnungen verstopft und sich in dicken Klumpen sammelt. Man muß dann hochwertige, der Beschaffenheit der Schlacke angepaßte Schamotteziegel verwenden und die rohen Wände gegen die Strahlung der Staubflamme schützen, die bei starker Luftvorwärmung über 1800 °C erreichen kann. Zu diesem Zwecke drückt man die kalte Sekundärluft durch Hohlräume der Wände oder kühlt die Wände durch Wasserrohre oder Überhitzer des Kessels, damit man mit wenig Mauerwerk auskommt.

Abb. 6 zeigt den Querschnitt einer Feuerkammer des neuen Dampfkessels der Combustion Engineering Co., der die neuesten Bestrebungen zur Verbesserung der Kohlenstaubfeuerungen gut kennzeichnet. Verkleinerung der Feuerräume soll vor allem durch kräftiges Durcheinanderwirbeln des Kohlenstaub-Luft-Gemisches vor und während der Verbrennung erreicht werden, wobei die gesamte Verbrennungsluft möglichst schon im Brenner dem Kohlenstaub zugesetzt werden muß.

Der in Abb. 7 und 8 wiedergegebene Plan des Brunnenbrenners der Fuller-Gesellschaft stellt den ersten Versuch dar, durch tangentiale Einführung des Gemisches in den Feuerraum einen Wirbel zu erzeugen, der bei viel kleineren als den bisher üblichen Feuerräumen vollkommene Verbrennung des Kohlenstaubes ermöglicht; allerdings muß man die Strahlwärme der Flamme unmittelbar im Feuerraum an Heizflächen des Kessels abführen, die durch Wasser oder Dampf gekühlt werden.

Aber auch ohne solche Durchwirbelung kann man vollkommene Verbrennung in kleinen Feuerräumen erzielen, wenn man die stark vorgewärmte Verbrennungsluft schon im Brenner innig mit dem Kohlenstaub vermischt und die Verbrennung des Gemisches auf mehrere Brenner verteilt, was auch das Regeln der Feuerwirkung erleichtert. Abb. 9 zeigt, daß dann kein Umkehren der Flamme zum Zweck der Aschenabscheidung notwendig ist. Die Erfahrung hat nämlich gelehrt, daß sich von der gesamten Asche im Feuerraum nur etwa 10 bis 20 vH, dagegen in den Feuerzügen des Kessels 20 bis 40 vH abscheiden, während der Rest mit den Rauchgasen im Schornstein abzieht.

Der AEG in Berlin soll es gelungen sein, in einer aus Wasserröhren gebildeten Lokomotivfeuerbüchse mit Kohlenstaub rd. 1,3 Mill. kcal/h auf 1 m³ Feuerraum zu entwickeln. Bei so hoher Anstrengung könnten die Feuerräume schließlich kleiner als bei den heutigen Rostfeuerungen werden. Damit wäre die Zeit nicht mehr fern, wo man zum mindesten bei allen Dampfkesseln die Rostfeuerungen durch Kohlenstaubfeuerungen ersetzen und rasche und sichere Anpassung des Feuers an die Belastung des Kessels zum Allgemeingut machen könnte.

Unterstützt werden die Bestrebungen, ausschließlich Kohlenstaubfeuerung anzuwenden, durch den Umstand, daß Kohlenstaub mit wenig Druckluft von mäßiger Pressung (2 bis 4 at) ein inniges Gemenge bildet, das sich in Rohrleitungen auf große Entfernungen fördern läßt, ähnlich wie Gas oder Öl; vor längeren Stillständen empfiehlt es sich allerdings, die Leitungen von Kohlenstaub freizublasen. Eine geeignete Förderpumpe ist in Abb. 10 und 11 (Fuller-Kinyon-Pumpe) dargestellt. Solche Pumpen erhalten auch für große Kohlenstaubmengen kleine Abmessungen und verbrauchen wenig Kraft. Zur Förderung von 1 t/h Kohlenstaub auf 550 m und 35 m Höhe sind rd. 3 PS nötig. Der Luftverbrauch für die Bildung des Kohlenstaub-Luft-Gemenges steigt annähernd linear mit der Entfernung. Er beträgt, bezogen auf den Ansaugzustand, bei 50 m rd. 7 m³, bei 1000 m rd. 18 m³ für 1 m³ Kohlenstaub.

Abb. 9
Neuere Kohlenstaubfeuerung

Einen wesentlichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Kohlenstaubfeuerungen haben die Kosten der Vermahlung, die mit der Feinheit des Staubes stark wachsen. Daher wird vielfach empfohlen, nur grob zu mahlen, was aber die Gemischbildung und die Schnelligkeit der Verbrennung ungünstig beeinflußt. Wichtiger ist, zur Herabsetzung des Kraftbedarfs nur möglichst trockne Kohle zu vermahlen. Mehr als 3 vH Feuchtigkeit sollte nicht zugelassen werden. Bei Kohlen von höherem Wassergehalt muß man ausreichend wirksame Trockner vor die Mühle einschalten. Hierfür ist in der Regel Abwärme der Kessel oder Abdampf verfügbar, so daß das Trocknen nicht viel kostet. Feuchte Kohlen dagegen verstopfen leicht die Kanäle der Mühlen und namentlich die Maschen der Siebe. Daher benutzt man möglichst Mühlen mit Windsichtung.

Auf die verschiedenen Mühlenbauarten[3]) oder die Frage, ob Einzelmühlen oder Zentralmahlanlagen günstiger sind, sei nicht näher eingegangen. Nur soviel sei gesagt, daß man Einzelmühlen zumeist für kleinere Kessel anwendet, deren Belastung wenig schwankt, während zentrale Mahleinrichtungen, getrennt vom Kesselhaus, hauptsächlich für große Kessel und Kesselbatterien in Betracht kommen. Stets empfiehlt es sich, einen kleinen Vorratbehälter zwischen Mühle und Aufgabevorrichtungen der Brenner einzuschalten, damit man bei Störungen in der Staubzufuhr kurze Zeit aus dem Vorrat arbeiten kann, vergl. Abb. 9.

Kohlenstaubfeuerung gestattet, die minderwertigen Kohlen und Abfälle der Gruben zu verwerten. Auch Koks, Braunkohle, Schiefer und andere Brennstoffe können dabei verwendet werden. Scheidung der Kohlen auf den Gruben in die verschiedenen Korngrößen usw. wird in der Zukunft unnötig sein. Die kleinkörnigen Ab-

[3]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 873.

Kohlenstaub
Druckluft

Abb. 10 und 11. Fuller-Kinyon-Kohlenstaubpumpe

fälle werden im Preise steigen und schließlich teurer werden als die Stückkohle. Bitumenreiche Kohlen wird man verflüssigen oder verschwelen und den anfallenden Halbkoks verstauben.

Ob es zweckmäßiger ist, den Kohlenstaub schon auf den Gruben zu erzeugen und den Verbrauchern in Sonderwagen zuzuführen oder die trockne Kohle etwa kleinkörnig zu verfrachten und erst am Verbrauchsort zu mahlen, wird die Erfahrung lehren.

Auch bei kleinen Dampfkesseln ermöglicht die Kohlenstaubfeuerung, im regelmäßigen Betrieb um 10 bis 20 vH bessere Wirkungsgrade zu erzielen als bei Rostfeuerung. Mit Kohlenstaub gefeuerte Kessel lassen sich auch viel einfacher und sicherer selbsttätig regeln und betreiben, da auf dem Rost aufgeschichtete Kohlen den Regelvorgang verzögern und unsicher machen.

In Amerika ist die selbsttätige Kesselführung besonders bei Kohlenstaubfeuerung sehr verbreitet[4]), obgleich die Bauarten der Regelvorrichtungen meistens umständlich und teuer sind und sich deshalb nur für große Kessel lohnen. Daher hat u. a. die Firma Siemens & Halske neue Regelvorrichtungen ausgearbeitet, die einfach und billig sind, so daß man auch kleinere Kessel damit ausrüsten kann.

Hochdruck-Dampferzeuger

Die Vorzüge der Kohlenstaubfeuerung werden erst bei Betrieb mit Hochdruckdampf voll zur Geltung kommen, weil hierfür einfache und sichere Regelung unentbehrlich ist. Es ist erstaunlich, wie rasch die Hochdruckdampftechnik fortschreitet. Noch vor wenigen Jahren waren 20 at der höchste Betriebsdruck. Heute wird kaum noch eine Dampfanlage unter 35 at bestellt, dem Druck, den man als die wirtschaftliche Grenze ansieht. Dies trifft jedoch nicht einmal für reine Kraftwerke mit Kondensation zu[5]). Wo außer Kraft noch Wärme abgegeben werden soll, wird die Wärmeausnutzung bis zum kritischen Druck immer günstiger. Allerdings ist Drucksteigerung über rd. 150 at kaum noch wirtschaftlich, weil den erhöhten Kosten der Anlage keine ausreichende Steigerung des Wirkungsgrades entspricht.

Die Kostenberechnungen für Hochdruckanlagen stützen sich zumeist auf Kessel der heute üblichen Niederdruck-Bauarten, mit Trommeln, in deren zylindrische Wandung zahlreiche Rohre eingewalzt sind, oder auf Wasserkammerkessel mit ihren vielen Deckelverschlüssen. Wenn solche Kessel für wechselnde Belastung ausreichenden Wasserinhalt haben sollen, so werden sie für Drücke von 100 at und mehr, besonders wegen der geschmiedeten und gekümpelten Kesseltrommeln, sehr teuer. Schon bei niedrigen Drücken läßt ferner die Betriebsicherheit der gebräuchlichen Kessel mit ihrem unbeherrschbaren Wasserumlauf zu wünschen übrig, auch wenn man gut gereinigtes oder gar destilliertes Speisewasser verwendet. Man glaubt, daß mit dem Wegfall der Nietung bei höheren Drücken viele der beobachteten Störungen (Nietlochrisse usw.) wegfallen werden. Das kann aber bei der Beurteilung der Eignung bisheriger Kesselbauarten für den Hochdruckbetrieb kaum den Ausschlag geben, weil mit Maschinen hergestellte Nietungen, bei sorgfältiger Bearbeitung und Passung der Bleche an den Nietstellen und bei Verwendung hochwertiger Stahlbleche, für Drücke bis 35 at ohne Schwierigkeit ausgeführt worden sind und im Betrieb keinen Anlaß zu ernsten Anständen gegeben haben.

Abb. 12 bis 14 zeigen einen Steilrohrkessel der Witkowitzer Eisenwerke mit drei Kesseltrommeln und 150 m² dampferzeugender Heizfläche für 40 at Betriebsdruck. Der Kessel ist mit Kohlenstaubfeuerung der älteren Bauart versehen, die Luftkanäle innerhalb der Schamottewände und eine Flammenführung, ähnlich der in Abb. 5, aufweist. Die Nietung der oberen Trommeln ist in Abb. 15 und 16 dargestellt. Bei einer Blechdicke von 35 mm werden die Niete von 39 mm Dmr. an den Laschenstellen 93 mm lang. Eine solche Nietung dürfte ungefähr die Grenze dessen bilden, was mit den heutigen Werkstattmitteln sicher herstellbar ist.

[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 718.
[5]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1149.

Für höhere Drücke muß man aus dem vollen Stahlblock geschmiedete Trommeln verwenden. Heute benutzt man geschmiedete Trommeln vielfach schon für 30 at, weil man die beim Nieten unvermeidlichen Reckspannungen nicht durch nachträgliches Ausglühen beseitigen kann. Das gilt aber, streng genommen, auch für die Einwalzstellen der Rohre. Solche Kessel mit zahlreichen Rohrwalzstellen müssen daher bei Drücken von 100 at und mehr auch dann Bedenken hervorrufen, wenn die Kesseltrommeln mit den Rohrwalzstellen vor der unmittelbaren Einwirkung des Feuers geschützt sind.

Von Hochdruckkesseln muß man höhere Betriebsicherheit verlangen als von Niederdruckkesseln. Entsprechende Verstärkung der Rohr- und Trommelwände genügt nicht, um Kessel der üblichen Bauart für Hochdruck betriebsicherer zu machen, als es die heutigen Niederdruckkessel sind. Die dicken Blechwände sind vielmehr infolge ihres größeren Wärmestaues weniger sicher, zumal sich auch der Wasserumlauf bei den mit höherem Druck kleiner werdenden Dampfblasen unter sonst gleichen Umständen verlangsamt.

Mit der Steigerung des Dampfdruckes werden auch die Temperaturen immer höher, so daß man bald mit Überhitzung des Dampfes bis zu 500 °C am Kessel zu rechnen haben wird. Bei hochgespanntem Dampf kann man allerdings wegen des besseren Wärmeüberganges die Überhitzung wesentlich besser beherrschen als bei Niederdruckdampf, wenn man nur dafür sorgt, daß die Strömung in den Überhitzerrohren auch bei kleinster Belastung des Kessels nicht aufhört.

Es bedarf keines besonderen Hinweises, daß es erwünscht wäre, Dampfkessel so herstellen zu können, daß sich ihre behördliche Beaufsichtigung und besondere behördliche Vorschriften für ihren Bau erübrigen. Man baut doch auch Dieselmaschinen, in deren Zylindern bis zu rd. 80 at Druck und nahezu 2000 °C Temperatur beherrscht werden. Und in der chemischen Technik gibt es große Anlagen, die mit Drücken von mehreren hundert Atmosphären und Temperaturen von etwa 500 ° im Dauerbetriebe laufen, ohne daß man sie behördlich beaufsichtigt. Voraussichtlich wird man später noch höhere Drücke, Tausende von Atmosphären und sehr hohe Temperaturen bei chemischen Reaktionen brauchen und Apparaturen dafür bauen und betreiben lernen, und es liegt kein Anlaß vor, diese Entwicklung der Technik durch behördliche Überwachung der Anlagen zu hemmen.

Für Dampfkessel sind aber noch heute weiche Stahlsorten unter Angabe von Grenzwerten der Festigkeit vorgeschrieben[6]), die wohl früher und für Kessel der heute üblichen Bauart angebracht waren, nicht aber für die zukünftigen Bauarten von Hochdruckkesseln. Diese verlangen harte Stähle, und auch solche werden in der Hitze des Betriebes noch zu weich. Bei Hochdruckkesseln meiner Bauart[7]) wird für die Rohre Siemens-Martin-Stahl von 60 bis 70 kg/mm² Bruchfestigkeit bei gewöhnlichen Temperaturen vorgeschrieben. Solcher Stahl hat bei 580 °C an der Grenze der bleibenden Dehnung nur noch eine Festigkeit von 10 kg/mm². Noch härtere Stähle wären daher angebracht, wenn sie zum mindesten in der Gas-Sauerstoffflamme gut schweißbar wären.

In Abb. 17 sind für verschiedene Kruppsche Stahlsorten die Festigkeiten an der Streckgrenze besonders für höhere Temperaturen angegeben. Daraus ist zu entnehmen, daß man schon gewöhnlichen Siemens-Martin-Kohlenstoffstahl erzeugt, der bei 600 °C noch eine Festigkeit von rd. 12 kg/mm² hat, während für kleinere Stücke besonders hochwertige Stahllegierungen erzeugt werden können, die bei dieser Temperatur noch Festigkeiten von über 30 kg/mm² an der Streckgrenze haben. Die Werte von Abb. 17 sind Ergebnisse aus Versuchen von nur etwa 15 min Zerreißdauer. Bei längerer Zerreißdauer würden die Festigkeitszahlen entsprechend niedriger ausfallen.

Bei dieser Gelegenheit sei empfohlen, die Gütezahlen der von der Metallhüttentechnik zur Verfügung gestellten Baustoffe in den Lehr- und Taschenbüchern, Preislisten und Aufsätzen vor allem auf die Festigkeit an der Grenze

[6]) Vergl. Werkstoff- und Bauvorschriften für Landdampfkessel Ausgabe Oktober 1926, Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19.
[7]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1149.

Abb. 12 bis 14
40 at-Steilrohrkessel der Witkowitzer Eisenwerke

der bleibenden Dehnung bei Temperaturen bis mindestens 500 ° C zu beziehen und genau anzugeben, auf welche Weise die mitgeteilten Zahlen bestimmt wurden, d. h. ob bei plötzlicher oder in Stufen gesteigerter Beanspruchung, ob für den gewöhnlichen oder einen besonders vergüteten Zustand; denn nur dann kann der Konstrukteur beurteilen, ob sich der Baustoff für seine Aufgaben eignet.

Daß die heutige Technik der Metallhütten und der Werkstätten den Bau betriebsicherer Hochdruckkessel und Hochdruck-Dampfmaschinen, die nicht wesentlich teurer werden als die heutigen Niederdruckbauarten, sowie die Herstellung der erforderlichen Armaturen, Sicherungs-, Meß- und Regelvorrichtungen ermöglicht, kann nicht zweifelhaft sein. Eine Reihe aussichtsreicher Bauarten von Hochdruckkesseln ist im Entstehen begriffen[8]), so daß in absehbarer Zeit mit der Steigerung des Dampfdruckes auf 100 at und mehr sicher gerechnet werden kann.

[8]) Vergl. Hartmann Hochdruckdampfbetrieb, VDI-Verlag und Z. Bd. 69 (1925) S. 1149.

Gegen zu rasche Steigerung der Dampfdrücke werden allerdings Bedenken erhoben im Zusammenhang mit der angeblich unzureichenden Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, der ungenügenden Betriebsicherheit oder den unverhältnismäßig hohen Baukosten der Kessel, Geräte und

Abb. 15 und 16
Nietung der Obertrommel für einen 40 at-Steilrohrkessel

Abb. 17
Warmfestigkeit von Kruppschen Stahlsorten

Maschinen für hohen Druck. Diese Bedenken sind jedoch nicht begründet. Schon die wenigen Hochdruckkessel, die bisher mit 35 bis 50 at im Betrieb sind, haben die Notwendigkeit und Richtigkeit weiterer Steigerung des Dampfdruckes selbst bei reinen Kraftbetrieben erwiesen[9]). Um so mehr wird dies bei Betrieben der Fall sein, die Abdampf für Koch- und Heizzwecke brauchen.

Neuzeitliche Energiewirtschaft

Das Ziel der neuzeitlichen Energiewirtschaft ist, überall, wo es angeht, Kraft- und Heizbedarf zu kuppeln und durch Hochdruckdampfbetrieb mit Abdampfverwertung höchste Wirtschaftlichkeit in der Ausnutzung der kostbaren Kohlenwärme zu erreichen. Abb. 18 zeig z. B. den Plan für die Kupplung der Elektrizitäts- und Heizwirtschaft einer großen Stadt in Verbindung mi einem weit entfernten Kohlenbergbau, der mulmige Braunkohle mit 50 vH Wasser und nur 4 vH Teer liefert. Zu ähnlichen Ergebnissen würde die Verwendung minderwertiger nasser Abfallkohle (Schlammkohle) aus einem Steinkohlenbergwerk führen, wenn sie sich nur nach dem Trocknen gut verfrachten läßt. Bei solcher Kohle lohnt keine Verschwelung zum Zweck der Teergewinnung; die Kohle müßte vielmehr, wie heute üblich, getrocknet und brikettiert oder unmittelbar unter Kesseln mit Rostfeuerung verbrannt werden, die Niederdruckdampf zur Erzeugung von hochgespanntem Wechselstrom liefern. Dieser wird nach der Stadt fortgeleitet, wie z. B. aus dem Großkraftwerk Golpa (Zschornewitz) nach Berlin. Die mit einer solchen Fernleitung verbundenen Störungen und Erhaltungskosten haben zu der Einsicht geführt, daß es besser ist, die Großkraftwerke innerhalb der Stadt selbst zu errichten. Die Beförderung der Kohlen stellt sich heute häufig billiger als die Fernleitung von Strom. Aus solchen Erwägungen ist wohl das Großkraftwerk Rummelsburg entstanden, das keine Braunkohle, sondern Steinkohle verwendet.

Nach Abb. 18 wird die Kohle am Bergwerk mit dem Abdampf (von rd. 5 bis 15 at) einer Hochdruck-Dampfanlage (für 100 bis 120 at) getrocknet, deren Größe dem Bedarf an Abdampf für das Trocknen und gegebenenfalls für die Heizung der Betriebs- und Wohnräume der Grube angepaßt ist. Die Kessel werden mit Kohlenstaub geheizt. Der Strom wird für den Bergbaubetrieb (Kraft, Beleuchtung usw.) verwendet, der etwaige geringe Überschuß in die Stadt geleitet oder für gewerbliche Zwecke in der Nähe der Grube verbraucht. Die getrocknete Kohle wird nicht gepreßt, sondern nach der Stadt befördert, wo sie auf mehrere größere Blockkraftwerke mit Hochdruck-Dampfbetrieb verteilt wird. In einer Stadt wie Berlin kommen Blockwerke von je 50 000 bis 100 000 kW Leistung in Betracht, deren Lage und Leistung dem Strom- und Abdampfbedarf der Gegend anzupassen wäre.

In dem behandelten Beispiel sind drei Kraftwerke (I, II und III) mit Hochdruckdampfbetrieb, ähnlich dem auf der Grube, angenommen, deren Kessel mit Kohlenstaub befeuert werden. Der Abdampf wird für die Stadtheizung, zum Kochen und Baden, sowie unter Umständen zum Betrieb kleiner Dampfmaschinen verwendet, das Kondensat zur Speisung der Hochdruckkessel zurück-

[9]) Vergl. hierzu Z. Bd. 70 (1926) S. 711: Noack, Dampfturbinen für hohen Druck.

Abb. 18
Energiewirtschaft einer großen Stadt

Abb. 19
Energiewirtschaft eines Hüttenwerkes mit Braunkohle

gefördert. Der erzeugte Strom dient zur Beleuchtung und zu Kraftzwecken der Stadt. Die Blockwerke sind durch Kabel miteinander gekuppelt; unter Umständen werden auch die Heizrohrnetze verbunden, so daß sich benachbarte Stadtteile in der Kraft- und Wärmeversorgung aushelfen können und die nötige Reserve mit geringen Mitteln gesichert werden kann.

Sinkt im Sommer der Abdampfbedarf, dann kann ein Teil der Maschinen in den Blockwerken bei verringerter Belastung mit Kondensation arbeiten. Die Kosten der Kabel- und Rohrleitungen und die möglichen Störungen werden bei einer solchen Anordnung auf den kleinsten Wert gebracht.

Daß man statt solcher Blockwerke Riesenanlagen von Hunderttausenden von Kilowatt, wie sie zuerst in Amerika auftauchten, gebaut hat, nach deren Muster jetzt das Großkraftwerk Rummelsburg errichtet worden ist, mit Dampfturbinen von mehr als 75 000 kW und langen Kabelleitungen, am Rande der Großstadt gelegen, also ohne die Möglichkeit, den Abdampf wirtschaftlich für die Stadtheizung zu verwerten, läßt sich nur damit begründen, daß der schnelle Bau eines Werkes von großer Leistung durch den plötzlichen Mehrbedarf an Strom gebieterisch gefordert wurde. Die technische Durchbildung der Einzelheiten und der Gesamtaufbau dieser Großkraftwerke ist gewiß vorzüglich und durch Größe und Vielseitigkeit geradezu imposant. Trotzdem sind sie nicht zweckmäßig und nachahmenswert. Die mit dem möglichen Ausfall einer der großen Turbinen und mit der Bereithaltung der Reserve verbundenen Kosten könnten leicht höher werden als die Ersparnis an Anlagekosten durch die großen Maschinen, abgesehen davon, daß von einer gewissen Leistung an, etwa 20 000 kW, die Anlagekosten für 1 kW nur sehr wenig abnehmen.

Die Steigerung des Dampfdruckes auf 100 und mehr Atmosphären macht die Abdampfverwertung für Stadtheizung wesentlich günstiger, als es bisher möglich war. Die größten Kosten verursacht die Verlegung der Rohrleitungen; diese erfordern aber bei einem Abdampfdruck von 10 bis 15 at am Kraftwerk bedeutend kleinere Abmessungen. Je länger die Rohrleitungen vom Kraftwerk zu den Verbrauchstellen werden, und je umfangreicher das Versorgungsgebiet eines Werkes wird, desto größeren Durchmesser müssen die Hauptleitungen erhalten, und desto höher werden die Kosten der Verlegung. Rationelle Abdampfverwertung für Stadtfernheizung zwingt daher zur Errichtung von Blockkraftwerken.

In Abb. 19 soll die Energiewirtschaft eines Hüttenwerkes dargestellt werden, das in unmittelbarem Zusammenhang mit einem Braunkohlen-Bergwerk steht. Die Kohle, die dieses Bergwerk liefert, sei bituminös, habe 50 vH Wassergehalt und ergebe 8 vH Teer, so daß sich die vollständige Teergewinnung unbedingt empfiehlt. Die Kohle wird zunächst wieder, wie im vorigen Beispiel, durch den Abdampf eines Hochdruckkraftwerks getrocknet und hierauf in einem Schwelofen, der mit eigenem Gas beheizt wird, auf Koks, Teer und Gas verarbeitet. Der Gasüberschuß wird im Hüttenwerk für metallurgische Zwecke verwendet. Der Teer wird mittels des Abdampfes der Kraftmaschinen destilliert, der vorher entsprechend überhitzt worden ist. Der Schwelkoks wird zum Teil im Hochofen verwendet, zum Teil gemahlen und in den Staubfeuerungen der Hochdruckkessel verbrannt. Der erzeugte Strom wird im Hütten- und Bergbaubetrieb verbraucht. Der restliche Abdampf dient zum Heizen, Kochen und Trocknen sowie zum Betriebe von Dampfmaschinen, Hämmern, Pressen usw. im Werke. Das Niederschlagwasser aus allen Heizleitungen wird zur Speisung in die Kessel zurückgefördert.

Wird ein Hüttenwerk so betrieben, so kann die Ausnutzung des Abdampfes und die Teergewinnung erhebliche Betriebskostenersparnis und Verbilligung des Stromes mit sich bringen, so daß sogar die elektrische Roheisen- und Stahlerzeugung wirtschaftlich möglich wird. Elektrostahlöfen sind schon seit längerer Zeit bis zu großen Einsatzleistungen im Gebrauch, und mit elektrischen Hochöfen hat man in den nordischen Staaten, die über billigen Strom aus Wasserkraftwerken verfügen, schon erfolgreiche Versuche durchgeführt, so daß keine besonderen Schwierigkeiten bei ihrem Betrieb zu überwinden sind. Der elektrische Hochofen verbraucht aber erheblich weniger Koks als der heutige Generatorschachtofen; bei seiner Einführung könnte also die Kokserzeugung wesentlich verringert werden. Damit käme der große Gasüberschuß der Kokszechen in Fortfall, und all die vielbesprochenen Pläne für die Gasfernversorgung würden ihre Grundlage verlieren. Solche Pläne sind bei dem heutigen Stande der Hüttentechnik überhaupt wenig aussichtsreich, schon weil die Rohrleitung und das wiederholte Verdichten des Gases sehr viel kostet. Sie stehen auch im Widerspruch mit den wärmewirtschaftlich aussichtsreichen Bestrebungen der Hochdruckdampftechnik und der Abdampfverwertung; es wäre vielleicht schon einfacher und wirtschaftlicher, das Überschußgas der Kokereien unter Hochdruckkesseln zu verbrennen und Strom damit zu erzeugen.

Abb. 20. Energiewirtschaft eines Hüttenwerkes mit trockner Steinkohle

Bei Einführung des Hochdruckdampfbetriebes und der Abdampfverwertung für die Fernheizung von Städten können vielleicht die Stromkosten so stark sinken, daß die Elektrizität mehr als bisher zur Beleuchtung der Wohnungen, zum Betrieb kleiner Hausgeräte (Staubsauger, Bügeleisen, Eismaschinen usw.) und neben dem Abdampf zum Kochen sowie zum Braten verwendet werden könnte. Damit würde das Leuchtgas im Haushalt ganz entbehrlich. An Gasversorgung auf große Entfernungen hin sollte daher angesichts solcher Möglichkeiten kein Ingenieur oder Verwaltungsmann ernstlich denken.

Abb. 21
Energiewirtschaft eines Hüttenwerkes bei Verwendung nasser Steinkohle

Abb. 22
Erste Versuchsturbine von Escher Wyß & Cie., Zürich für 90 at

Zum Vergleich ist in Abb. 20 ein Hüttenbetrieb heutiger Art in Verbindung mit einem Steinkohlenbergwerk behandelt, das trockene, wenig bitumenhaltige Kohle, daneben aber auch gute Kokskohle liefert. Diese wird vornehmlich auf Koks für den Hochofenprozeß sowie auf Teer und Gas verarbeitet, das im Hüttenwerk verbraucht wird. Etwaiger Gasüberschuß wird unter den Kesseln des Hochdruck-Dampfkraftwerkes verbrannt. Als Kesselbrennstoff dient sonst aus gewöhnlicher Kohle hergestellter Kohlenstaub und etwaiger Überschuß an Koks, der gleichfalls gemahlen wird. Der Abdampf der Kraftmaschine wird, wie in den früheren Beispielen, für Heizzwecke benutzt, der Strom für die Licht- und Kraftversorgung.

Liefert das Steinkohlenbergwerk zu nasse Kohle (über 3 vH Feuchtigkeit), Abb. 21, dann muß ein Trockner eingeschaltet werden, der durch Abgase der Hochdruckkessel oder verfügbaren Abdampf beheizt wird. Selbstverständlich kann in Fällen, wo bitumenreiche Kohle zur Verfügung steht, auch die Kohlenverflüssigung mit der Energiewirtschaft von Industriewerken gekuppelt und so deren Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

Nicht immer ist bei den angeführten Beispielen oder in andern Fällen richtige Übereinstimmung zwischen Strom- und Abdampfbedarf vorhanden. Aber gerade der Dampfbetrieb mit sehr hohem Druck ermöglicht weitgehende Abstufung des passenden Gegendruckes bis zum teilweisen Betrieb mit Kondensation, wenn der Abdampfbedarf zeitweise stark sinkt.

Die neueste Entwicklung im Bau von Dampfturbinen, die durch die Arbeiten von Lösel und der Ersten Brünner Maschinenfabriksgesellschaft ausgelöst worden ist, führt besonders bei hohen Drücken zu wesentlicher Steigerung des thermodynamischen Wirkungsgrades, aber nur für mittlere und größere Leistungseinheiten, also für Turbinen von über etwa 5000 kW. Bei kleineren Leistungen ergeben sich so geringe Schaufelhöhen an den Rädern für die höchsten Drücke, daß der Spaltverlust zu groß wird. Daher dienen auch die Versuche, die die Siemens-Schuckertwerke in Berlin gemeinsam mit Escher Wyß & Cie. in Zürich mit Hochdruck-Dampfturbinen bei sehr hohen Anfangsdrücken durchführen, weniger zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Hochdruck-Dampfanlagen als ihrer Betriebsbrauchbarkeit. Abb. 22 zeigt einen Längsschnitt der ersten Versuchsturbine, die über ein Druckminderventil mit Dampf von rd. 90 at und 400° aus einem Bensonkessel betrieben wurde und mit einem Gegendruck von 13 bis 14 at arbeitete. Die Turbine konnte bis zu rd. 10 000 kg/h Dampf verarbeiten und 1000 kW bei

Abb. 23. Zweite Hochdruck-Dampfturbine von Escher Wyß & Cie., Zürich

I II III IV

Dampf 120 at 490 °C

rd. 20 m

zur Kondensation

Abb. 24 Hochdruckturbine der Witkowitzer Steinkohlengruben

10 000 Uml./min leisten. Sie soll nach Überwindung einiger Kinderkrankheiten gut gearbeitet haben, so daß sich die Siemens-Schuckertwerke zur Aufstellung einer zweiten Turbine entschlossen haben, Abb. 23. Diese Turbine erhält aus einem Bensonkessel bis 30 000 kg/h Dampf von 180 at und 420 °C, den sie in zwei Gehäusen zunächst auf rd. 36 at und weiter auf 6,5 at Gegendruck verarbeitet; dabei beträgt die Leistung rd. 3000 kW bei 6000 Uml./min.

Während die erste Versuchsturbine nur etwa 60 vH thermodynamischen Wirkungsgrad hatte, soll die neue Turbine 70 vH erreichen. Die neue Turbine dürfte aber erst Mitte dieses Jahres in Betrieb kommen.

Bei so kleinen Leistungen wird für den Hochdruckteil von Kraftwerken sowie als Vorschaltmaschine für Niederdruckanlagen die Kolbendampfmaschine wieder größere Bedeutung erlangen. Die Wiener Lokomotivfabrik A.-G. in Wien-Floridsdorf hat daher für ihr Betriebskraftwerk, das mit Dampf von 120 at und 490 ° an der Maschine bei 13 at Gegendruck arbeiten soll, eine stehende doppeltwirkende Kolbendampfmaschine mit zwei Zylindern gewählt, die bei 300 Uml./min 1000 kW leistet und im Mai dieses Jahres in Betrieb kommen wird.

Für größere Anlagen ist die Dampfturbine vorzuziehen. Abb. 24 bis 28 zeigen den Aufbau und Einzelheiten der viergehäusigen Hochdruckturbine Bauart Erste Brünner für die Witkowitzer Steinkohlengruben, die Dampf von 120 at und 490 °C auf Kondensatorspannung verarbeiten und bei 3000 Uml./min 18 000 kW leisten soll. Der Hochdruckläufer des ersten Gehäuses, Abb. 25, wird von einem zweiteiligen, die Leitschaufeln tragenden Stahlgußgehäuse umschlossen, Abb. 26, das in einem geschmiedeten Gehäuse, Abb. 27, steckt und außen vom zuströmenden Dampf beheizt wird. Das Gehäuse wird mittels einer kräftigen Stahlmutter, Abb. 28, mit Kegeldichtung verschlossen. Der Kesseldampf strömt von links her ein und tritt rechts, auf etwa 50 at entspannt, wieder aus. Der Niederdruckteil dieser Turbine mit den Gehäusen III und IV ist mit Dampf von 15 at bereits in Betrieb gekommen. Der erste vom Eisenwerk Witkowitz gebaute Hochdruckkessel für 5000 bis 6000 kW Leistung und der Hochdruckteil der Turbine werden gegen Mitte dieses Jahres betriebsfertig.

Die große Bedeutung des Hochdruck-Dampfbetriebes für Eisenbahnen und Schiffe liegt auf der Hand. Die deutsche Reichsbahnverwaltung hat, um die Entwicklung zu fördern, mehrere Hochdrucklokomotiven nach verschiedenen Systemen in Auftrag gegeben, mit und ohne Kondensation, mit Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen. Schon bei Auspuffbetrieb wird die Steigerung des Dampfdrucks auf 100 bis 120 at genügen, um die Ausnutzung der Kohlenwärme gegenüber den heutigen Lokomotiven etwa zu verdoppeln und den Wasserbedarf auf die Hälfte zu vermindern.

Auf der letzten Tagung der Schiffbautechnischen Gesellschaft wurde ausgesprochen, daß der Dampfbetrieb auf Schiffen, schon wenn der Betriebsdruck bei Kohlenrostfeuerung auf 30 bis 40 at erhöht wird, wirtschaftlicher ist als der Betrieb mit Dieselmaschinen. Aber erst wenn man den Dampfdruck auf 100 at und mehr steigert, werden sich die Vorzüge des Hochdruck-Dampfbetriebes auf Schiffen voll auswirken können, namentlich wenn es gelingt, die Kohlenstaubfeuerung auf Schiffen einzuführen. Daß dies möglich ist, kann nach den Versuchen mit der Kohlenstaubfeuerung auf Lokomotiven nicht zweifelhaft sein. Allerdings wird den Reedern der Entschluß, zum Betrieb der Schiffsmaschinen mit sehr hohen Drücken und Temperaturen überzugehen, bei der großen mit der Schiffahrt verbundenen Verantwortung nicht leicht werden, aber früher oder später werden sie ihn doch fassen müssen.

Die bei den Verhandlungen der Schiffbautechnischen Gesellschaft gegebene Anregung, daß die Schiffsreeder sich zusammentun sollten, um die Kosten der Erprobung eines Hochdruckdampfschiffes aufzubringen, ist sehr beachtenswert. Es wäre zu wünschen, daß sie bald verwirklicht würde, damit der deutsche Schiffbau nicht hinter der Entwicklung zurückbleibt, sondern mit einer wichtigen Neuerung wegweisend vorangeht. [B 99]

Abb. 25
Hochdruckläufer der Turbine, Abb. 24

Abb. 26
Inneres Leitgehäuse des ersten Hochdruckgehäuses

Abb. 27
Außenmantel des ersten Hochdruckgehäuses

Abb. 28
Verschlußmutter des ersten Hochdruckgehäuses

Der Buchholz-Schutz für Umspanner

Von Dr. Bruno Thierbach, Beratender Ingenieur, Berlin

Schäden an Umspannern — Meldung und Umschaltung durch Buchholz-Schutz — Grundgedanke und Ausbildung des Schutzes — Versuche und Betriebserfahrungen

Das Bestreben der Elektrizitätswerke geht in den letzten Jahren insbesondere dahin, die Betriebsicherheit aller ihrer Anlagen zu steigern; denn die unmittelbaren Schädigungen, die durch ein auch nur kurzzeitiges Ausbleiben der elektrischen Energie entstehen, wachsen mit der Verbreitung der Elektrizitätsverwertung gewaltig an. Wie man in der Medizin erkannt hat, daß Vorbeugen besser als Heilen ist, so ist auch die Ingenieurwissenschaft seit jeher bemüht gewesen, Einrichtungen zu schaffen, die das Entstehen einer Störung im allerersten Anfang anzeigen oder sie soweit wie möglich überhaupt verhüten und die es dem Personal ermöglichen, Abhilfsmaßnahmen zu treffen, bevor an den betreffenden Maschinen und Geräten Schäden entstehen, durch die sie längere Zeit gebrauchsunfähig oder gar zerstört werden, wobei auch die Umgebung gefährdet werden kann. Darüber hinaus ist man aber gerade in der Elektrotechnik unablässig bestrebt, durch selbsttätig wirkende Abschalteinrichtungen die Auswirkung von Störungen und Fehlern zu verhüten, sobald diese nicht mehr von selbst zum Stehen kommen und die fraglichen Maschinen und Apparate unbedingt aus dem Betrieb genommen werden müssen.

Viele der an den elektrischen Einrichtungen auftretenden Schäden beginnen damit, daß die üblichen Isolierstoffe angegriffen werden. Allmählich wird die Isolation derart geschwächt, daß nach geraumer Zeit, bisweilen — z. B. bei Kabeln — erst nach Jahren, ein Durchschlag erfolgt. Solche Erscheinungen sind bei ganz normalen Betriebsverhältnissen nicht selten. Anormale Betriebsbedingungen rufen eine plötzliche übermäßige Beanspruchung der Isolierstoffe, bei in Öl gebetteten Teilen auch ein Kochen und Zersetzen des Öles hervor, die stürmisch zunehmen und zur Zerstörung führen, wenn die Einrichtungen nicht augenblicklich außer Betrieb genommen werden.

Allen Vorrichtungen, die schleichende Fehler möglichst frühzeitig erkennen lassen und der Bedienungsmannschaft ermöglichen, rechtzeitig Abhilfe zu schaffen oder auch nur dem betreffenden Gerät erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen, muß daher ein ganz besonderer Wert zuerkannt werden. Dies gilt noch mehr für jene, die den Betrieb selbsttätig unterbrechen, wenn die betreffende Einrichtung nicht mehr ohne ernste Schädigung im Betrieb gehalten werden kann. Eine derartige Einrichtung, die ihre Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit bereits im Betrieb erwiesen hat, soll hier besprochen werden: der Buchholz-Schutz für Umspanner.

Ursachen der Schäden an Umspannern

Zunächst sollen nur neuzeitliche Umspanner mit Ölausdehnungsgefäß berücksichtigt werden, da bisher nur für solche der Buchholz-Schutz verwendet worden ist. Viele Schäden entstehen dadurch, daß in Umspannern, die bei der Abnahmeprüfung als vollkommen einwandfrei befunden worden sind, doch in der Isolation eines Spulendrahtes, an einer Lötstelle der Verbindungen, z. B. infolge der Einwirkungen des Transportes, oder in einer Durchführung schwache Stellen vorhanden sind, die allmählich zu Stromübergängen und Funkenbildungen führen und sich, wenn sie nicht rechtzeitig beachtet werden, zu Kurz- und Erdschlüssen entwickeln. Eine Zerstörung des Umspanners durch den gewaltigen Überdruck, der infolge der raschen Zersetzung des Öles unter der Einwirkung der auftretenden Lichtbogen auftritt, sowie schwere Schädigungen der Umgebung können die Folge sein.

In gleicher Weise kann sich ein Lichtbogen auswirken, der infolge einer plötzlichen Unterbrechung eines Spulendrahtes, einer Lötstelle oder sonstigen Verbindung auftritt, wenn der Umspanner nicht schnell abgeschaltet wird.

Jede größere Überlastung eines Umspanners durch Betrieb- oder Kurzschlußströme führt zu einer übermäßigen Erhitzung und bei längerer Dauer zu einem Verkohlen der Isolation. Die gefürchtetste Form der Überlastung ist der Kurzschluß außerhalb des Transformators, der schon bei ganz kurzer Einwirkung diesen völlig vernichten kann. Mindestens werden kostspielige und zeitraubende Erneuerungsarbeiten notwendig, falls der Umspanner nicht sofort beim Auftreten einer schweren Überlastung oder eines starken Kurzschlusses vom Netz abgeschaltet wird.

Sehr häufig dringen im Netz auftretende Überspannungen in die Umspanner ein und durchschlagen die Isolation der Spulen oder Durchführungen. Bisweilen kommen die lamellierten Eisenbleche miteinander in Berührung, z. B. wenn die Isolationsrohre der Spannbolzen einen Fehler aufweisen oder die Stoßstellen vom Joch zum Schenkel nicht richtig durchgebildet sind. Die dann im Eisen entstehenden Wirbelströme verursachen eine starke Wärmeentwicklung, die zu ernsten Schäden führen kann.

Es kommt vor, daß im Umspanner isoliert liegende Metallteile statische Ladungen verschiedener Spannung annehmen. Diese gleichen sich dann durch kleine Funken aus, die so winzig sein können, daß sie sich durch ein Knistern kaum bemerkbar machen. Erkennt man sie nicht oder schenkt ihnen keine Beachtung, so führen sie mit der Zeit zu einer Verrußung oder Zersetzung des Öles und infolgedessen zu einer ernsten Gefährdung des Umspanners. Den gleichen verschlechternden Einfluß auf das Öl üben die als Spitzenwirkung und Ausstrahlung bekannten Erscheinungen aus.

Durch ein Leck im Kessel des Umspanners oder infolge Nachlässigkeit der Bedienung kann der Ölspiegel sinken, so daß den oberen Wicklungen ein wichtiger Bestandteil ihrer Isolation und die Kühlung entzogen werden. Infolgedessen können Überschläge eintreten oder die feste Isolation verkohlt. Der Ölspiegel kann sich auch infolge zu großer Kälte senken, und das Ölausgleichgefäß ist häufig zu klein bemessen; dies und wenn beispielsweise das Öl aus den ölgefüllten Durchführungen herausfließt, befördert Störungen im Transformator.

Grundgedanke des Buchholz-Schutzes

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, ist die Wirkung aller Störungen, daß die Isolation der Wicklungen, der Durchführungen usw. angegriffen wird oder das Öl infolge übermäßiger Wärmeentwicklung zum Kochen kommt und sich zersetzt. Bei jeder Überhitzung aber entstehen aus allen Isolierstoffen, auch aus dem Öl gasartige Zersetzungserzeugnisse.

Buchholz hatte nun den genialen Einfall, die physikalischen Folgeerscheinungen dieser bei jeder, auch der kleinsten Störung unverzüglich beginnenden Gasbildung zur Betätigung eines Warnungsignals und einer Ausschalteinrichtung zu benutzen.

Da bei geringfügigen Störungen anfangs nur winzige Gasbläschen entstehen, die aber, da der gesamte Umspanner mit Öl gefüllt ist, vermöge ihres Auftriebes schnell ihren Weg nach dem Ausgleichgefäß nehmen, sieht Buchholz in der zum Ölausgleichgefäß führenden Rohrleitung einen Sammelbehälter vor, dem die kleinen Bläschen zustreben, bis sie das Öl aus dem Behälter verdrängt haben. Ein darin angeordneter Schwimmer sinkt dabei herab, bis er einen Stromkreis schließt, der ein sichtbares oder hörbares Warnungsignal betätigt. Diese Einrichtung bietet also die Möglichkeit, den Fehler bei seinem Entstehen, bevor er noch einen gefahrbringenden Umfang angenommen hat, zu erkennen, und dem betreffenden Umspanner erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Abb. 1
Anordnung des Buchholz-Schutzes
a Ausgleichgefäß *b* Buchholz-Schutz
c Transformator

Abb. 2 und 3
Schaltung und Wirkungsweise des Schutzgerätes
d Gehäuse *e, f* Schwimmer *g, h* Kontakte
i Warnungssignal *k* Schalterauslösung

Abb. 4 und 5. Buchholz-Schutz der AEG
a Schwimmer für Signalauslösung
b „ „ Abschaltvorrichtung mit zwei verschiedenen Gelenkachsen
c Kontakte in den Schwimmern
d Einstellschraube für *b*
e Anschlußklemmen für Signalauslösung
f „ „ Abschaltvorrichtung
g verschiebbare Drosselklappe

Bei der Beobachtung der sich im Buchholz-Schutz in einer bestimmten Zeit ansammelnden Gasmenge kann man feststellen, ob es sich nur um eine vorübergehende Erscheinung handelt, oder ob ein Fehler sich vergrößert. In diesem Falle kann man rechtzeitig Aushilfe bereitstellen. Gleichzeitig läßt die Farbe der Zersetzungsgase Schlüsse auf die Art der Störung ziehen. So deuten weiße Gase auf die Zerstörung von Konstruktionsteilen aus Papier hin, gelbliche Dämpfe auf Beschädigung von Holzteilen, schwarze oder graue Nebel auf Ölzersetzungen.

Schon ein solcher Warnungschutz vermag die Betriebsicherheit einer Anlage durch seinen Einbau wesentlich zu erhöhen. Vollkommen wird der Umspannerschutz aber dadurch, daß außer dem Warnungsignal eine Einrichtung zum selbsttätigen Abschalten des Umspanners ausgebildet ist, die in dem Augenblick wirksam wird, wenn der Umspanner nicht mehr länger im Betrieb gehalten werden darf, auf alle Fälle aber Formänderungen des Kessels oder gar Explosionen verhütet.

Auch die Wirkung der Abschalteinrichtung beruht auf der Gasentwicklung der überhitzten Isolationstoffe. Eine plötzlich entstehende oder rasch sich vergrößernde örtliche Störung verursacht eine stürmische Gasentwicklung, die das Öl schlagartig verdrängt und kräftig durch die Rohrleitung zum Ölausgleichgefäß hinströmen läßt. Noch stürmischer spielt sich dieser Vorgang ab, wenn infolge einer Überlastung, z. B. durch einen Kurzschluß, in sämtlichen Windungen gleichzeitig unendlich viele kleine Gasbläschen entstehen. Durch die Strömung wird ein in der Rohrleitung zum Ölausgleichgefäß angeordneter Schwimmer mit Sicherheit einen Kontakt zum Schließen eines Stromkreises betätigen, der die Ölschalter im Umspannerstromkreis sich öffnen läßt.

Ausbildung des Buchholz-Schutzes

Die Wirkungsweise wird durch Abb. 1 bis 3 veranschaulicht. Das Schutzgerät *b* ist mit Flanschen in das vom Kessel des Umspanners *c* nach dem Ölausgleichgefäß *a* führende Verbindungsrohr eingesetzt. Es besteht aus einem Gehäuse *d*, Abb. 2, mit zwei Schwimmern *e* und *f* mit Kontakteinrichtungen *g* und *h*. Der obere Schwimmer *e* dient zum Betätigen des Warnungsignals, der untere Schwimmer *f* für die Abschalteinrichtung.

Im ungestörten Betriebzustand ist das Gehäuse *d* vollständig mit Öl gefüllt. Die Schwimmer *e* und *f* liegen infolge des Auftriebes an ihren Anschlägen an, die Kontakte *g* und *h* sind geöffnet. Treten nun im Umspanner an irgendeiner Stelle infolge Überhitzung Gasblasen auf, so steigen diese hoch, wandern an der Oberseite des Verbindungsrohres entlang und treten in das Gehäuse *d* ein. Mit dem Ölspiegel sinkt auch der Schwimmer *e*, Abb. 3, und schließt bei *g* den Stromkreis des Warnungssignales *i*. Menge und Farbe der Gase können durch ein Schauglas festgestellt werden. Bei der geschilderten stürmischen Gasentwicklung wird der Schwimmer *f* durch die unmittelbar in der Verbindungsleitung auftretende Strö-

mung schlagartig aus seiner Ruhelage gedrängt und betätigt den Kontakt *h* der Schalterauslösung.

Die konstruktive Ausbildung des Buchholz-Schutzes durch die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft geben Abb. 4 und 5 wieder. Die Ausführungsform der Siemens-Schuckertwerke für kleine Transformatoren zeigt Abb. 6, während das Gerät, das für größere Umspanner bestimmt ist, in Abb. 7 in geöffnetem Zustande dargestellt ist.

Versuche am Buchholz-Schutz

Um die Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit der Schutzeinrichtung zu erweisen, wurden in Gegenwart vieler führender Fachleute zahlreiche Versuche angestellt, bei denen alle im praktischen Betrieb im Umspanner auftretenden Fehler nachgeahmt wurden. Solche Versuche fanden statt am 6. und 11. November 1924 in dem Umspannwerk Sandershausen bei Kassel der Preußischen Kraftwerke „Oberweser", A.-G., am 11. Juni 1925 im Transformatorenwerk Berlin-Oberschöneweide der AEG und am 5. März 1926 in der Transformatorenfabrik der SSW zu Nürnberg. Wie sehr diese Versuche zur Zufriedenheit ausfielen, wird am besten dadurch bewiesen, daß in kurzer Zeit bereits Umspanner mit rd. 3,5 Mill. kVA Leistung mit dem Buchholz-Schutz ausgerüstet worden sind.

Aus der Praxis liegt bereits eine größere Anzahl von Berichten vor, in denen Störungen genau untersucht und beschrieben sind, die an so ausgestatteten Umspannern auftraten. Einige hiervon seien im folgenden beschrieben:

Bei einem älteren Umspanner von 1500 kVA und 60/15 kV, der nach der Abschaltung durch den Buchholz-Schutz untersucht wurde, zeigte sich, daß zwischen zwei Oberspannungspulen Überschläge stattgefunden hatten.

In beide Spulen war je ein Loch von 15 mm Dmr. gebrannt, Abb. 8. Die Isolation dieser Spulen zeigte ebenfalls Brandstellen. Alle übrigen Teile waren nicht beschädigt. Durch Auswechseln der beiden beschädigten Spulen konnte die Störung schnell behoben werden.

Durch Freileitungskurzschlüsse wurde eine Störung an einem 2500 kVA-Transformator für 60/15 kV eines Umspannwerkes, von dem mehrere 15 kV-Freileitungen ausgehen, hervorgerufen. In unmittelbarer Nähe des Umspannwerkes trafen mehrere Blitzschläge die Freileitungen, die zur Abschaltung einzelner Leitungstrecken durch Spannungsabfallrelais führten. Der Transformator wurde bei einem der starken Blitzeinschläge durch den Buchholz-Schutz unmittelbar ausgelöst. Das Schutzgerät war mit brennbarem Gas gefüllt. Da bei einer sofort ausgeführten Probeschaltung sowohl beim Ein- wie beim Ausschalten knisternde Geräusche beobachtet wurden, wurde der Transformator zur Untersuchung außer Betrieb genommen. Die Prüfung ergab, daß lediglich an der Oberspannungseite zwischen den Anzapfleitungen zweier Schenkel ein Überschlag durch ein Pertinaxrohr stattgefunden hatte. Die Überschlagstelle ist in Abb. 9 durch einen Pfeil gekennzeichnet. Die Verbindungsleitung selbst und das als Schutzhülle der einen dienende Pertinaxrohr zeigten ganz geringfügige Brandstellen, Abb. 10.

Abb. 7
Buchholz-Schutz der SSW für mittlere und größere Umspanner, geöffnet

Abb. 6
Buchholz-Schutz der SSW für kleine Transformatoren

In andern Fällen war Ölschwund infolge von Undichtigkeiten und großer Kälte die Ursache für das Ansprechen des Schutzgerätes. Auch das Eintreten von Luft in das Öl, das durch Undichtheiten in der Saugleitung und der Stopfbüchse der Ölumwälzpumpe verursacht worden war, wurde durch das Ansprechen des Buchholz-Schutzes in mehreren Fällen angezeigt. Diese Mißstände hätten sich mit der Zeit zu einer Gefährdung des Umspanners ausgewachsen, wenn nicht auf Grund der Warnung durch die Schutzeinrichtung Abhilfe geschaffen worden wäre.

Besonders lehrreich ist ein Vergleich der Wirkung des Buchholz-Schutzes mit dem Arbeiten der sonstigen Schutzeinrichtungen. Das am weitesten verbreitete Hilfsmittel bei der Überwachung der Umspanner ist die Messung der Öltemperatur durch eingebaute Thermometer. Da, wie wir gesehen haben, alle am Umspanner auftretenden Schäden mit Wärmeentwicklung verbunden sind, und diese sich dem Öl mitteilt, müssen sie sich durch Temperaturmessungen des Öles feststellen lassen, und durch Kontaktthermometer können Warnungsmeldungen ausgelöst werden. Die Fehler und somit auch die Temperaturerhöhung treten nun aber naturgemäß an den verschiedensten Stellen eines Umspanners auf. Die eingebauten Kontaktthermometer befinden sich daher in sehr verschiedenen Entfernungen von den Fehlerstellen, und es dauert recht lange, bis das Öl in ihrer Umgebung eine nennenswerte Temperatursteigerung erfährt. Die Folge davon ist, daß dieser Thermometerschutz ein Warnungssignal erst betätigt, wenn die Schädigung des Umspanners schon weit fortgeschritten ist. Bezüglich der Schnelligkeit der Meldungen ist also der Buchholz-Schutz den Kontaktthermometern weit überlegen. Dazu kommt, daß die Beobachtung der Gasmenge und ihrer Färbung auf die Größe und Lage des Fehlers schließen läßt.

Als das bisher wichtigste Schutzmittel für Umspanner galten die sogenannten Differentialschutzeinrichtungen, die von der Fachindustrie mit besonderer wissenschaftlicher Gründlichkeit zu einem hohen Grade der Vollkommenheit und zu weitgehender Empfindlichkeit ausgebildet worden sind. Es war daher wichtig, daß bei den mit dem Buchholz-Schutz angestellten Versuchen gleichzeitig eine Differentialschutzeinrichtung eingebaut und ihr Ansprechen mit beobachtet wurde. In Abb. 11 sind die bei den Versuchen 1924 benutzten Geräte dargestellt.

Man ersieht aus diesem Bild ohne weiteres, eine wie umfangreiche Anlage für den Differentialschutz notwendig ist. Außerdem sprechen aber auch die Differen-

Abb. 9
Inneres eines durch Buchholz-Schutz ausgelösten Umspanners für 60/15 kV mit Überschlag durch das Pertinaxrohr zwischen zwei Anzapfleitungen der Oberspannungswicklung
a Überschlagstelle

tialschutzeinrichtungen nur auf Gleichgewichtstörungen zwischen Primär- und Sekundärstrom an, und zwar lediglich dann, wenn die Energievernichtung an der Störungsstelle in einem bestimmten Verhältnis (etwa 10 vH bei normalem, 0,5 vH bei hochempfindlichem Differentialschutz) zur jeweiligen Belastung des Umspanners steht; sie sind also bei hoher Belastung unempfindlich.

Der Buchholz-Schutz spricht dagegen auf jeden Fehler unabhängig von der Belastung und der Art der Störung, auch bei reinen Überlastungen, an. Man hat als einen Vorteil des Differentialschutzes gegenüber dem Buchholz-Schutz auf die Eigenschaft des Differentialschutzes hingewiesen, daß er auch auf Fehler außerhalb des Transformators anspricht, allerdings nur, wenn diese Fehler zwischen den nahe am Umspanner untergebrachten

Abb. 11
Versuchstand für Umspanner mit Buchholz-Schutz und Differentialschutz

a Versuchsumspanner
b Buchholz-Schutz
c Ausgleichölgefäß
d_1, d_2 Stromwandler für Ober- und Unterspannung
e Spannungswandler
f Differentialrelais
g Vorschaltwiderstand
g_1 Schalter zu *g*
h Wattmeter-Differentialrelais
i Zwischenrelais
k Hilfsumspanner
l unabhängige Zeitrelais
m_1, m_2 Signallampen für Auslösungen
(*d* bis m_2: für Differentialschutz erforderlich)
m_3, m_4 Signal- oder Auslöselampe für Buchholz-Schutz
n Aufschreibgerät für die Schaltvorgänge und Störungsmeldungen

Stromwandlern des Differentialschutzes auftreten, und dabei auf Überschläge, die an den Durchführungen des Transformators auftreten, hingewiesen. Sind es Überschläge von Phase zu Phase, also Kurzschlüsse, so erfolgt aber die Abschaltung des Umspanners durch den Selektivschutz des Netzes, wenn nicht vorher schon in-

Abb. 8
Brandstellen infolge Überschlages in zwei Oberspannungsspulen eines durch Buchholz-Schutz abgeschalteten Umspanners für 60 kV

Abb. 10
Brandstellen an den beschädigten Teilen des Umspanners, Abb. 9
Überschlag zwischen Kabel *a* und dem in Rohr *b* liegenden Kabel *c*

folge einer Überlastung des Umspanners durch den Kurzschluß der Buchholz-Schutz angesprochen und den Umspanner abgeschaltet hat. Sind es Überschläge gegen Erde, so werden sie durch die ziemlich allgemein verwendeten Erdschlußspulen schon nach ½ bis 4 Perioden gelöscht, d. h. vor Ansprechen des Differentialschutzes.

Die Vergleichsversuche haben nun auch den Beweis erbracht, daß die Schutzwirkungen des Differentialrelais an die des Buchholz-Schutzes bei weitem nicht heranreichen. Denn bei 21 vorgenommenen Vergleichsversuchen hinsichtlich tatsächlich möglicher Störungen sprach der normale Differentialschutz nur einmal, der hochempfindliche dreimal an, während der Buchholz-Schutz jedesmal in Wirkung trat. Die bisherigen Ausführungen werden genügen, um den Beweis zu erbringen, daß der Buchholz-Schutz eine sehr wertvolle Bereicherung der für die Erhöhung der Betriebsicherheit elektrischer Anlagen dienenden Einrichtungen darstellt.

Anwendung des Buchholz-Schutzes

Die erzielten praktischen Erfolge lassen erwarten, daß der Einbau des Buchholz-Schutzes bei allen größeren Umspannern bald die Regel sein wird. Für die Betriebsicherheit der von kleinen Umspannstellen versorgten Ortnetze wäre es aber dringend erwünscht, wenn auch diese diesen Schutz erhielten. Da diese kleinen Umspannstellen vielfach nicht mit Ölschaltern ausgerüstet sind, hat man verschiedene brauchbare Lösungen vorgeschlagen, wie der Umspanner unter dem Einfluß des Buchholz-Schutzes abgestellt werden kann. Bei Neuanlagen können auf jeden Fall, statt der bisher allgemein verwendeten einfachen Trennmesser, Freilufttrennschalter mit Auslösspulen vorgesehen werden, bei vorhandenen Anlagen werden sich diese Trennmesser vielfach zu Freilufttrennschaltern umbauen lassen.

Nach einem andern Vorschlag wird eine einfache Vorrichtung vorgesehen, die beim Ansprechen des Buchholz-Schutzes oberspannungsseitig einen für den Umspanner ungefährlichen Kurzschluß hervorruft, der die zwischen der Hochspannungsfreileitung und dem Umspanner eingebauten Sicherungen durchbrennen läßt. Die Warnung kann durch ein weithin hörbares Signal erfolgen, das in der Nähe befindliche Personen oder besondere Vertrauensleute zur Benachrichtigung der nächsten Störungsstelle des Elektrizitätswerkes veranlaßt. Die Werkverwaltung könnte durch Zurverfügunghalten von Ersatzumspannern die allgemeine Betriebsicherkeit der gefährdeten Stellen bedeutend erhöhen. Gerade auf dem flachen Lande, wo die nicht zu vermeidenden Freileitungen häufig die Ursache von Störungen darstellen, sind solche Einrichtungen erwünscht.

Die weitere konstruktive Entwicklung des Buchholz-Schutzes bewegt sich dahin, daß Ausführungen für Umspanner ohne Ölausgleichgefäß und für solche, die mit Schutzgasen über dem Öl gefüllt sind, vorbereitet werden; bei diesen will man ebenfalls die physikalischen, aber auch die chemischen Folgeerscheinungen der Zersetzung der Isoliermittel ausnutzen. Ähnliche Ausführungen sind für Ölschalter geplant, für die ein erhöhter Schutz von der allergrößten Bedeutung ist. Aber auch für Drosselspulen, Kondensatoren, Kabelmuffen, kurz, überall dort, wo Fehler zur örtlichen Erhitzung und Gasentwicklung führen, ist der Buchholz-Schutz anwendbar.

Damit wird die Elektrizitätsversorgung also hinsichtlich ihrer Betriebsicherheit ein gutes Stück vorwärts gekommen sein. Diese Betriebsicherheit ist aber eine wesentliche Grundlage zur Erhöhung der Gesamtwirtschaftlichkeit der Elektrizitätswerke. Denn auf ihr beruht zum erheblichen Teil die Vermehrung der Anschlüsse und die Hebung des Stromabsatzes für Kraft, Wärme und Haushaltgeräte, die für eine Verbreiterung der unwirtschaftlichen Belastungsspitzen und letzten Endes für eine Senkung der Strompreise von höchster Bedeutung ist. [B 2671]

50 Jahre Blohm & Voß

Die Gründer der heute größten deutschen Werft waren Hermann Blohm und Ernst Voß. Am 5. April 1877 konnte mit dem Bau der Werftanlagen auf einem vom Hamburgischen Staat gepachteten Gelände an der Elbe, das bei 100 m Wasserfront nur 15 000 m² groß war, begonnen werden. Heute umfaßt das Werftgelände rd. 60 ha mit 3 km Gesamtwasserfront. Das erste Schiff, das, weil damals keine Aufträge eingingen, auf eigene Rechnung gebaut werden mußte, war ein Segelschiff von 1000 B.-R.-T. In den Jahren 1880/81 wurde das erste Schwimmdock hergestellt, heute sind deren sechs mit 120 000 t Gesamttragfähigkeit vorhanden.

Am bekanntesten sind die Leistungen der Werft im Handelsschiffbau. Spitzenleistungen stellen insbesondere die „Hapag"-Schiffe „Vaterland"[1]) und „Bismarck" dar, die auch jetzt unter fremder Flagge dem Namen dieses deutschen Werkes Ehre machen. Seit 1900 baute die Werft auch Kriegsschiffe. Ihr Sondergebiet war die Klasse der schnellen Schlachtkreuzer: „von der Tann", „Moltke", „Göben" und sodann „Seydlitz" und „Derfflinger" legen Zeugnis für die Leistungsfähigkeit auf diesem Gebiet ab. Von den in der Nachkriegzeit gebauten Schiffen seien hier nur genannt „Albert Ballin" und „Deutschland". Auch der 15 000 PS leistende Zweitakt-Dieselmotor[2]) für das Elektrizitätswerk Neuhof in Hamburg ist aus den Werkstätten von Blohm & Voß hervorgegangen.

Dem Mitbegründer Hermann Blohm, seit 1917 Inhaber der Grashof-Denkmünze, ist es vergönnt, das 50jährige Bestehen des Unternehmens zu erleben. Ernst Voß ist bereits am 1. August 1920 gestorben. [N 299] Bb.

[1]) Z. Bd. 62 (1918) S. 842 u.

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 818 u. 1909.

Untersuchungen an einer Kapselpumpe

Von Dr.-Ing. S. Kießkalt, Berlin

(Mitteilung aus dem Maschinenlaboratorium der Techn. Hochschule Karlsruhe)

Es wird ein Prüfstandverfahren entwickelt, dessen Meßergebnisse die Trennung der inneren Verluste und ihre Darstellung in Abhängigkeit von den Betriebsverhältnissen gestatten. Beschreibung einer Kapselpumpe mit dreidimensionalem Fördervorgang. Hinweise auf die Lager- und Schmierverhältnisse derartiger Maschinen.

An die Seite der alteingeführten Kolben- und Kreiselpumpen und -kompressoren treten neuerdings auch in Europa selbst für größere Leistungen mehr und mehr die Drehkolbenmaschinen[1]). Derartige Maschinen können im Idealfall die Vorteile der Kolbenmaschinen (selbsttätiges Ansaugen und dauernde Betriebsbereitschaft, hohe Drücke in einer einzelnen Stufe bei geringer Abhängigkeit der Fördermenge und des Wirkungsgrades vom Gegendruck) mit denen der Kreiselpumpen (keine hin- und hergehenden Massen, hohe Drehzahlen, leichtes Gewicht, keine Ventile) vereinen. Ihre erfolgreiche Durchbildung hängt allerdings in hohem Maße nicht nur von den konstruktiven und werkstatttechnischen Fähigkeiten der Erbauer, sondern fast ebenso von deren Ausdauer ab. Die wenigen bekannt gewordenen, wirklich guten Kapselpumpen, die Anspruch auf Vollkommenheit erheben können, sind denn auch immer in jahrzehntelanger Arbeit entwickelt worden. Das Fachschrifttum über sie ist auffallend spärlich und läßt meist jede Systematik in der Beschreibung der Maschinen, die etwa in Anlehnung an die kinematische Klasseneinteilung Reuleaux' gewählt werden könnte, vermissen. Noch weniger ist über das innere Verhalten der Maschinen bekannt geworden. So ist noch in der neuesten, dritten Auflage von 1926 des grundlegenden Werkes von Berg über „Kolbenpumpen" (S. 438) die Ansicht vertreten, daß die rechnungsmäßige Ermittlung der Arbeitsverluste im einzelnen wie auch in der Gesamtheit nicht möglich sei. Berg schreibt u. a.: „Es sind daher die günstigsten Arbeitsbedingungen für eine bestimmte Pumpenkonstruktion auf dem Versuchswege zu ermitteln."

Einen Beitrag in dieser Richtung sollen die nachstehend beschriebenen Versuche liefern, die im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe ausgeführt wurden. Zur Verfügung stand eine Pumpe für zähe Flüssigkeiten der Firma Rollkolbenmaschinen- und Apparatebau, Schwabach b. Nürnberg, nach Patenten von Werner und Dr.-Ing. Christlein[2]) für eine theoretische Förderung von 220 l/min bei 1000 Uml./min gegen 10 at normale oder 15 at größte Druckhöhe. Die Höchstdrehzahl war von der Firma zu 1450 Uml./min angegeben. Hauptmaße und Aufbau zeigt Abb. 1.

[1]) Vergl. Plank, Zeitschr. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 29 (1922) S. 189 u. f. Plank, Krause, Tamm, Z. Bd. 69 (1925) S. 393. Baum, Z. Bd. 70 (1926) S. 628. Tamm, Zeitschr. f. d. ges. Kälte-Ind. Bd. 33 (1926) S. 23.

[2]) DRP Nr. 281 104.

Abb. 2
Wirkungsweise der Rollkolbenpumpe

a zweigängige Mutter *b* eingängige Schnecke (Rollkolben)

Abb. 1
Schnitt durch die Rollkolbenpumpe

a zweigängige Mutter mit rechteckigem Gewinde
b eingängige Schnecke *c* sichelförmiger Metallkörper
d Gehäuse für ein Zahnradgetriebe mit Innenverzahnung

Versuchsmaschine

Die Rollkolbenmaschine ist ihrer Natur nach ein Kapselräderwerk, dessen Fördervorgänge allerdings nicht durch die ebene Kinematik beschrieben werden können, da sie sich im Raume abspielen. Die Hauptförderräume sind die Gänge einer zweigängigen Mutter *a* mit rechteckigem Innengewinde. Sie ist in Abb. 2 längs einer Mantellinie aufgeschnitten und abgewickelt dargestellt. Mit den Gängen dieser Mutter ist nun eine eingängige Schnecke (Rollkolben) *b* im Eingriff, deren Außendurchmesser halb so groß wie der Außendurchmesser des Muttergewindes ist. Rollt man nach den Pfeilen in Abb. 2 diesen Rollkolben in der Mutter ab, so wird ein in den Mutter- und Kolbengängen befindliches Mittel von der Saugseite zur Druckseite vorwärts geschoben. Durch entsprechende axiale Länge dieses Getriebes können mehrere derartige Förderkammern hintereinander geschaltet werden. Der Abrollvorgang selbst, der an der axialen Einstellung des Rollkolbens zur Mutter nichts ändert, wird durch ein Zahnradgetriebe (in Abb. 1 nicht sichtbar, bei *d* gekapselt) mit Innenverzahnung 1 : 2 vermittelt; denn bei einem Umlauf des exzentrisch gelagerten Rollkolbens *b* um die Hauptachse muß er sich selber zweimal um seine eigene Achse gedreht haben. Der freie Raum zwischen Innendurchmesser der Mutter und Außendurchmesser des Rollkolbens ist nach Abb. 3 durch einen sichelförmigen Metallkörper, die Mulde *c* ausgefüllt, die gleichzeitig die nach außen durchgeführte Antriebwelle der Maschine darstellt. In der Mulde ist auch der Rollkolben beiderseits gelagert. Grundsätzlich kann zu diesem Rollkolben ein zweiter zur Hauptwelle symmetrisch angeordnet werden, wie in Abb. 3 punktiert angedeutet.

Die gesamte Lagerung besteht aus Wälzlagern, die die Unveränderlichkeit der gegenseitigen Einstellung aller Teile gewährleisten. Infolgedessen können sich die Lager nach dem Einlaufen nicht mehr abnutzen. Die beanspruchten Teile der Maschine rollen zudem größtenteils ohne Gleitung aufeinander ab. Sie haben dabei eine

Abb. 3
Querschnitt der Rollkolbenmaschine. Die gestrichelten Kreise deuten eine zweite Schnecke an

a Mutter *b* Schnecke
c sichelförmiger Metallkörper

schmiertechnisch günstige gegenseitige Bewegung. Die Flankendichtung zwischen Rollkolben und Schneckenbalken ist durch ein mathematisch ableitbares Profil der Rollkolben-Schraubenfläche[3]) gebildet. Selbstverständlich ist der Rollkolben für sich ebenso wie der zusammengebaute Läufer ausgewuchtet.

Die Versuche im Laboratorium zielten darauf ab, an dieser Maschine ein Verfahren auszubilden, das es gestattet, die inneren Verluste der Maschine zu trennen und von ihren Bestimmungsgrößen abhängig darzustellen. Ein derartiges Verfahren ist für jede bisher aufgetretene Kraft- und Arbeitsmaschine gefunden worden und befreit von den unvollkommenen Einzeluntersuchungen für alle möglichen Zähigkeiten, Drücke und Umlaufzahlen nach Berg.

Versuchsdurchführung

Im folgenden bedeute, teilweise in Anlehnung an Berg:

Q die theoretisch verdrängte Flüssigkeitsmenge in m^3/min;
V die bei einer Umdrehung theoretisch geförderte Flüssigkeitsmenge in m^3 (für das vorliegende Modell ist dies Kammervolumen $V = 0{,}22\ l = 0{,}000\,22\ m^3$). Somit ist $Q = Vn$;
Q_v die durch innere Undichtheiten zurückfließende Flüssigkeitsmenge in m^3/min (Spaltverlust);
$Q_e = Q - Q_v$ die tatsächlich geförderte Flüssigkeitsmenge in m^3/min;
$\eta_v = \frac{Q_e}{Q}\,100$ (vH) den volumetrischen Wirkungs- oder Liefergrad.

Weiterhin soll sein:

μ die absolute Zähigkeit des Fördermittels bei der Versuchstemperatur t in kgs/m^2;
n die minutliche Drehzahl (Uml./min);
p der Förderdruck (at);
N_e die Leistungsaufnahme der Pumpenwelle (PS);
N_0 die theoretische Leistungsaufnahme, bezogen auf die wirkliche Fördermenge (PS);
N_v die theoretische Leistungsaufnahme (PS), die notwendig wäre, um den Spaltverlust Q_v auf p (at) zu bringen;
N_m der mechanische Leistungsverlust (PS);
N_h die hydraulischen Verluste innerhalb der Pumpe (PS).

[3]) DRP Nr. 317 981.

Der mechanische Verlust N_m umschließt außer den Reibungsverlusten in den gekapselten mit Fett geschmierten Wälzlagern die Reibung der einzigen Stopfbüchse auf der Saugseite und etwaige Verluste durch trockene Reibung von Pumpenteilen, die mit der Förderflüssigkeit nicht in Berührung kommen. N_m ist nach dieser Bestimmung unabhängig von der Zähigkeit der Förderflüssigkeit, aber abhängig von Druckhöhe und Drehzahl.

Der hydraulische Verlust N_h setzt sich aus den Widerstandverlusten der in der zähen Förderflüssigkeit umlaufenden Pumpenteile einschl. Zahnräder zusammen. Er ist daher grundsätzlich unabhängig vom Gegendruck, sofern dieser nicht so hoch ist, daß er die Zähigkeit des Fördermittels merklich erhöht, und hängt nur von der Zähigkeit selbst und der Drehzahl ab.

Nach diesen Festsetzungen würden also die Reibungsverluste etwa vorhandener, vom Fördermittel selbst geschmierter Gleitlager im Anteil N_h auftreten. Ihre Abhängigkeit vom Druck ist damit vernachlässigt. Ob das von praktischer Bedeutung ist, muß für jede derartige Bauart nachgeprüft werden.

Mit Hilfe dieser Begriffsbestimmungen ist es möglich, N_m und N_h versuchsmäßig zu trennen.

Es wurden drei Versuchsreihen aufgenommen, bei denen die Maschine Flüssigkeiten verschiedener Zähigkeit nach Zahlentafel 1 förderte. Die Flüssigkeit wurde aus einem 500 l-Tank von der mit einem regelbaren Gleichstrom-Nebenschlußmotor gekuppelten Pumpe angesogen und durch ein Drosselventil zurückgepumpt, wobei durch ein Fallrohr und gewisse Einbauten einer Verschäumung des Öles möglichst vorgebeugt wurde. Die Fördermenge wurde mittels eines Meßbehälters auf einer Wage festgestellt. Die Leistungsaufnahme an der Kupplung ergab sich aus den elektrischen und mechanischen Einzelverlusten des Motors, die abhängig von Drehzahl und Ankerspannung dargestellt waren. Jede Versuchsreihe wurde ungefähr bei 750, 950 und 1200 Uml./min und 5, 7,5, 10, 12,5 und 15 at Gegendruck durchgeführt.

Auswertung

Berechnung der Fördermenge

Die tatsächliche Fördermenge wurde über der zugehörigen Drehzahl in Schaubildern nach Abb. 4 aufgetragen, wobei die Punkte gleichen Druckes durch vermittelnde Gerade verbunden werden konnten. Diese Geraden wurden parallel zu der Linie der theoretischen För-

Abb. 4
Förderverhältnisse für Versuchsöl II (Kompressoröl)

Abb. 7
Leistungsaufnahme bei verschiedenen Betriebsverhältnissen für Öl II; $\mu = 0{,}0026$ kgs/m^2

Abb. 8
Trennung der Verluste für Öl II bei 1200 Uml./min

Abb. 5
Spaltverlust in Abhängigkeit vom Förderdruck p

I Zylinderöl
II Kompressoröl
III Wasser mit Zusatz

Abb. 6
Beiwerte a und k zur Ermittlung des Spaltverlustes in Abhängigkeit von der Zähigkeit μ

I, II, III s. Abb. 5

derung Q gelegt, da anzunehmen ist, daß der Spaltverlust praktisch unabhängig von der Drehzahl ist. Eine systematische Abweichung ist denn auch bei keiner Versuchsreihe zu beobachten, obwohl die Zähigkeiten der verwendeten Flüssigkeiten in weitem Bereich verschieden waren, wie aus Zahlentafel 1 hervorgeht.

Zahlentafel 1

Nr.	Förderflüssigkeit	Mittl. Versuchstemperatur °C	spez. Gewicht kg/m³	Zähigkeit kg s/m²
I	Zylinderöl	61,0	873[4])	0,0105
II	Kompressoröl . .	61,2	862[4])	0,0026
III	Wasser mit Zusatz von Bohrfett . .	22,3	1000	0,000115

Aus den Darstellungen nach Abb. 4 können dann die Spaltverluste Q_v selbst als Unterschiede der wirklichen und theoretischen Fördermengen entnommen und die so graphisch ausgeglichenen Werte jeweils über den zugehörigen Gegendrücken in Abb. 5 aufgetragen werden. Die auf diese Weise erhaltenen parabelartigen Kurven konnten durch Gleichungen von der Form

$$Q_v = a\,p^k \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (1),$$

im angeführten Beispiel für das Kompressoröl durch

$$Q_v = 0{,}0152\,p^{0{,}68}$$

näherungsweise dargestellt werden, d. h. der Spaltverlust ist für eine bestimmte Maschine und für ein gewisses Öl für jeden Gegendruck berechenbar, sobald nur das Wertepaar a und k bekannt ist. Die vorliegenden Versuchsreihen liefern drei solche Wertepaare, die in Abb. 6 über der jeweils zugehörigen Zähigkeit aufgetragen sind. Es war ja auch zu erwarten, daß der Spaltverlust Q_v von der Zähigkeit abhängt. Der Faktor a nimmt mit wachsender Zähigkeit rasch ab, um sich dann für sehr dickflüssige, bereits sirupartige Öle der μ-Achse asymptotisch zu nähern. Ebenso wird der Grenzwert des Exponenten $k = 1$ für den theoretischen Durchfluß durch einen engen Spalt mit parallelen Wänden erst für große Zähigkeiten asymptotisch erreicht, während der andre Grenzwert $k = 0{,}55$, wie er für den Ausfluß von Wasser aus Röhren gilt, auch für dünnflüssige Mittel nicht ganz erhalten wird. Die rückströmende Menge durchfließt ja die verschiedensten Dichtungsarten: Flächendichtung, Liniendichtung und reine Spalte. Längs einigen Dichtungsstellen treten wahrscheinlich auch hydrodynamische Quetschvorgänge auf, die selbstverständlich in das Durchflußgesetz eingehen. Eine theoretische Berechnung dieser Vorgänge bietet vorläufig wenig Aussicht. Abb. 6 gestattet immerhin die Berechnung der wirklichen Fördermenge für irgendeinen beliebigen Betriebzustand, wie an folgendem Beispiel erläutert sei:

Beispiel: $p = 10$ at; $n = 1450$; $\mu = 0{,}007$ kg s/m².

Theoretische Fördermenge: $Q = 0{,}22 \cdot \frac{1450}{1000} = 0{,}319$ m³/min;

Rückfließende Menge: $Q_v = 0{,}008 \cdot 10^{0{,}83} = 0{,}054$ m³/min;

Wirkliche Fördermenge: $Q_e = 0{,}265$ m³/min;

Volumetrischer Wirkungsgrad: $\eta_v = 83$ vH.

[4]) Im Betrieb, also mit etwas Luftgehalt gemessen.

Trennung der Verluste

Da es unmöglich war, bei jeder Einzelbeobachtung die Drehzahlen 750, 950 und 1200 genau einzustellen, mußten die Leistungen N_e im Verhältnis der Drehzahlen auf diese Sollbedingungen umgerechnet werden. Die so erhaltenen Werte liegen nach Abb. 7, über den Drücken aufgetragen, für jede Drehzahl auf einer Geraden. Somit standen neun Leistungsgeraden von je drei Zähigkeiten bei je drei Drehzahlen zur Verfügung, deren weitere Verwertung an der Hand von Abb. 8 (Kompressorenöl II, $n = 1200$) beschrieben sei. Von der wirklichen, gemessenen Leistung wurde zunächst die gesamte Leistungsaufnahme der theoretisch verdrängten Flüssigkeitsmenge Q für den Gegendruck p

$$N_0 + N_v = Q\,p\,\frac{1000 \cdot 10}{60 \cdot 75} = \frac{Q\,p}{0{,}45}\,\mathrm{PS} \quad . \ . \ . \ . \ . \quad (2)$$

abgezogen. Der Restbetrag muß sodann die Summe aus mechanischen und hydraulischen Verlusten $N_m + N_h$ sein. N_h wird definitionsgemäß für ein Mittel mit der Zähigkeit null gleichfalls zu null. Man kann daher die Summe $N_h + N_m$ dadurch errechnen, daß man sie für dieselbe Drehzahl jeweils für drei Drücke (5, 10, 15 at) über den Zähigkeiten aufträgt und bis null extrapoliert. Diese Extrapolation ist für sämtliche Versuche mit der Drehzahl $n = 1200$ Uml./min in Abb. 9 durchgeführt. Die Achsabschnitte auf der Ordinate sind dann die mechanischen Verluste N_m für 1200 Uml./min bei dem entsprechenden Druck. Diese können dann wieder rückwärts in sämtliche in Frage kommenden Schaubilder nach Art von Abb. 8 eingetragen werden. Damit ergibt sich der hydraulische Verlust N_h in jeder dieser Abbildungen. Die Gerade für N_h war mit kleinen, wohl durch Versuchsfehler bedingten Abweichungen gut parallel zu der Geraden der theoretischen Leistungsaufnahme, d. h. N_h erweist sich als unabhängig vom Druck, wie ja auch vorausgesetzt war. N_m und N_h können somit getrennt dargestellt werden, wie dies beispielsweise in den Schaubildern Abb. 10 und 11 geschehen ist. Die Kurvenschar N_m dient ohne weiteres als Berechnungsgrundlage, während es sich empfiehlt, N_h durch eine Formel darzustellen.

Übrigens läßt die Steilheit der Linien $N_m + N_h$ über den Zähigkeiten, Abb. 9, einen Schluß auf die Zweckmäßigkeit des Fördervorganges selbst zu. Große hydraulische Verluste, hervorgerufen durch unnütze Wirbelbewegungen und Flüssigkeitsquetschungen, wie sie wohl in vielen Kapselwerken vorkommen, ergeben in dieser Darstellung steile Kurven.

N_h wächst nun in unserem Falle für dasselbe Mittel etwa mit dem Quadrat der Drehzahl nach $c\,n^2$; c ist

Abb. 9
Summe der Verluste $N_h + N_m$ für 1200 Uml./min

Abb. 10
Mechanische Verluste N_m

Abb. 11
Hydraulische Verluste N_h

allein abhängig von μ und kann für Zähigkeiten größer als die des Wassers durch die Beziehung

$$c = (0{,}0014 + 0{,}693\,\mu) \cdot 10^{-4} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (3)$$

angenähert berechnet werden, so daß sich der hydraulische Verlust N_h selbst aus

$$N_h = (0{,}0014 + 0{,}693\,\mu)\,n^2\,10^{-4}\,(\text{PS}) \quad . \ . \ . \ . \quad (4)$$

ergibt.

Die Größe des mechanischen Verlustes, Abb. 10 entnommen, und die Darstellung des hydraulischen Verlustes nach Gl. (4) gestatten also, zusammen mit der theoretischen Förderleistung $N_0 + N_v$ die gesamte Leistungsaufnahme N_e zu berechnen.

Die Brauchbarkeit der aufgestellten Beziehungen möge zugleich mit ihrer praktischen Verwertung an zwei Beispielen gezeigt werden, von denen das erste — der betreffende Versuch wurde ganz außerhalb der vorliegenden Reihen aufgenommen — bezüglich der Zähigkeit eine sehr weite Extrapolation über den Versuchsbereich hinaus erfordert. Die tatsächlich gemessenen Ergebnisse sind den berechneten Werten beigeschrieben.

Beispiel 1. $\mu = 0{,}0436$ kg s m^{-2}; $n = 730$; $p = 15$ at.

Förderleistung: $N_0 + N_v = \frac{0{,}22 \cdot 730}{1000} \cdot \frac{15}{0{,}45} \ . \ . \ . \ . = 5{,}35$ PS

Mech. Verlust: N_m . . . . = 1,70 „

Hydr. Verlust: $N_h = (0{,}0014 + 0{,}0436 \cdot 0{,}693) \times 730^2 \cdot 10^{-4} = 1{,}69$ „

Leistungsbedarf $N_e = 8{,}74$ PS

gemessen: 9,1 PS.

Beispiel 2. $\mu = 0{,}0026$ kg s m^{-2}; $n = 1200$; $p = 12{,}5$ at.

Förderleistung: $N_0 + N_v = \frac{0{,}22 \cdot 1200}{1000} \cdot \frac{12{,}5}{0{,}45} \ . \ . \ . = 7{,}33$ PS

Mech. Verlust: N_m . . . . = 2,40 „

Hydr. Verlust: $N_h = (0{,}0014 + 0{,}0026 \cdot 0{,}693) \times 1200^2 \cdot 10^{-4} = 0{,}46$ „

Leistungsbedarf $N_e = 10{,}19$ PS

gemessen 10,35 PS.

Auch für eine Reihe andrer Betriebzustände ergab die Nachrechnung der Messungen höchstens Abweichungen von ± 4 vH, so daß es möglich sein dürfte, auf Grund dieser Versuche Gewährleistung mit ± 5 vH Genauigkeit abzugeben. Für derartige Maschinen und Ölpumpen ganz im allgemeinen pflegen schärfere Gewährleistungen nicht gefordert zu werden. Eine Verschärfung der Ergebnisse durch Hinzunahme weiterer Versuchsreihen erscheint vorläufig nicht nötig, weil Schlüsse von weittragender Bedeutung nicht zu erwarten sind. Das Verfahren selbst ist mit einfachen Mitteln auf jedem Werkprüfstand durchführbar.

Die Maschine befriedigte betriebsmäßig in jeder Weise. Sie lief absolut ruhig, ohne Wartung zu beanspruchen. Störungen kamen nie vor. In Abb. 12 sind die Versuchsergebnisse für das Kompressorenöl II bei $n = 1200$ in der üblichen Weise dargestellt. Bemerkenswert ist die große Anpaßfähigkeit, die ihren Ausdruck in dem flachen Verlauf des Wirkungsgrades findet.

Der erreichbare Höchstdruck läßt die Ölpumpe nicht nur für chemische Zwecke, sondern auch für Steuerungen sehr geeignet erscheinen, die mit Flüssigkeiten hohen Druckes betrieben werden. Eine doppeltwirkende Anordnung mit mehreren Kammern würde zudem die mechanischen und volumetrischen Verluste noch verringern, so daß also noch höhere Drücke in einer Maschine wirtschaftlich erreichbar sind.

Allgemeines über Kapselwerke

Hier wären noch einige für die Konstruktion von Kapselwerken allgemein gültige Bemerkungen anzuschließen. Abgesehen natürlich vom erreichbaren volumetrischen Wirkungsgrad ist der Höchstdruck durchweg nicht von der Festigkeit der Konstruktionsteile, sondern von den zulässigen Lagerbeanspruchungen abhängig. Diese setzen sich grundsätzlich immer aus zwei Teilbeanspruchungen zusammen: dem Lagerrückdruck, der aus dem Antrieb-Drehmoment hervorgeht, und der Belastung, die durch den erzeugten Druckunterschied des Fördermittels entsteht. Wenn sich dieser Druckunterschied als Axialschub auswirkt, wie bei der vorstehend beschriebenen Bauart, so kann er vorteilhaft durch sogenannte „Zweistromanordnungen" überhaupt beseitigt werden. Dadurch werden nicht nur diese Längslager (Drucklager) selbst, sondern auch, was für den erreichbaren Wirkungsgrad von großer Bedeutung ist, die zugehörigen Anteile an Reibungsarbeit erspart. Aus konstruktiven Gründen erscheinen also Maschinen mit zusammenfallenden Leistungs- und Druckbeanspruchungen für das Gebiet der niedrigen Drücke am geeignetsten, weil die hierdurch entstehenden Beanspruchungen regelmäßig noch leicht beherrscht werden können. Für hohe und höchste Drücke aber ist es besser, wenn sich die beiden Teilbeanspruchungen kreuzen, so daß also Längs- und Querlager sich in die Beanspruchungen teilen, soweit nicht Zweistromanordnungen möglich sind. Grundsätzlich wird man immer versuchen, Wälzlager anzuwenden, weil diese die genaue Einstellung der Teile gegeneinander infolge ihres geringen Verschleißes am ersten gewährleisten.

Handelt es sich um Pumpen für Steuerungen, so daß man also die Förderflüssigkeit wählen kann, so sind in schmiertechnischer Beziehung folgende Überlegungen anzustellen: Ist der Kreislauf irgendwo offen und mischt sich Luft oder Gas in großen Mengen fein verteilt dem Arbeitsöl bei, so wird man ein stabiles Dampfturbinenöl von der nötigen Zähigkeit zu wählen haben. Dasselbe gilt auch für Umlaufkompressoren mit Flüssigkeitsdichtung. Ist der Kreislauf dagegen geschlossen, so wird man Öle wählen, die einen besonders hohen Schmierwert haben[5]); denn es ist bei Kapselwerken fast unvermeidlich, daß einzelne Teile im Gebiet der halbflüssigen Reibung, also mit allmählichem Verschleiß, arbeiten. [B 2258]

[5]) Z. Bd. 65 (1921) S. 1171.

Abb. 12
Gesamtverhalten der Ölpumpe bei 1200 Uml./min und $\mu = 0{,}0026$ kgs/m²

a Leistungsaufnahme N_e
b geförderte Flüssigkeitsmenge Q_e
c volumetr. Wirkungsgrad η_v
d mechan. Wirkungsgrad η_m
e Gesamtwirkungsgrad $\eta_{ges.}$

Die Abscheidung und Gewinnung von Gasen und Dämpfen mittels aktiver Kohle

Von Dr.-Ing. Georg Müller, Frankfurt am Main

Kurze Kennzeichnung der „aktiven Kohle“, ihrer Eigenschaften und ihrer Anwendung — Beschreibung einer neuen Adsorptionsanlage zur Gasolingewinnung — Angaben über die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen

Seit langer Zeit ist bekannt, daß Holzkohle[1]) die Eigenschaft hat, Gase und Dämpfe in einem gewissen Maße zu adsorbieren. Von dieser Tatsache wurde ›doch in der Technik nicht in nennenswertem Umfang ›ebrauch gemacht, weil die Aufnahmefähigkeit so gering ›t, daß eine wirtschaftliche Verwertung hoffnungslos er›chien. Erst als während des großen Krieges die „aktive ›ohle“ entwickelt wurde, die, in den Gasmasken ver›endet, die Atemluft von schädlichen Gasen und Dämpfen ›einigte, eröffnete sich die Aussicht, auch industriell von ›ieser Adsorption Gebrauch zu machen, um so mehr, als ›urch ein einfaches Wiederbelebungsverfahren[2]) die Reak›vierung des Adsorptionsmittels unter Gewinnung der auf›enommenen Stoffe möglich wurde.

Von den verschiedenen heute zur Anwendung kom›enden Kohlen sind in Abb. 1 bis 3 die vorherrschen›en abgebildet. Abb. 1 und 2 stellen europäische Erzeug›isse[3]), Abb. 3 ein amerikanisches[4]) dar. Beide Grup›en sind hinsichtlich ihrer Herstellung verschieden, und ›war hauptsächlich insofern, als die beiden ersten nach ›ränkung mit Zinkchlorid bei etwa 500 bis 700° ver›okt werden, während die dritte Sorte unter Anwendung ›on Wasserdampf bei etwa 900 bis 1000° aktiviert wird. ›ie Korngröße richtet sich nach dem Anwendungszweck ›nd kann im allgemeinen von 0 bis 6 mm verändert wer›en, wobei in manchen Fällen klassiertes, in andern ge›ischtes Korn vorzuziehen ist.

Die neben der mechanischen Festigkeit wichtigste ›igenschaft ist die Adsorptionskapazität der aktiven Kohle. ›iese wird gekennzeichnet durch die Adsorptionsisotherme, ›ie für eine bestimmte Temperatur angibt, in welcher Höhe ›ich die Kohle mit einem bestimmten Stoff belädt, und ›war in Abhängigkeit von dessen Teildruck in der um›ebenden Atmosphäre. Diese Isothermen sind für die ›ahlreichen in Betracht kommenden Stoffe, z. B. Benzol, ›enzin, Gasolin, Alkohol, Äther, Aceton, Schwefelkohlen›toff usw. sehr verschieden. In Abb. 4 ist als Beispiel ›ine Beladungsisotherme für Benzol bei 20 °C dargestellt[5]). ›um Vergleich dieser Beladungslinie — die übrigens bei ›eueren Kohlen noch erheblich verbessert wurde — mit ›er seit langer Zeit bekannten Aufnahmefähigkeit von ›lüssigen Adsorptionsmitteln ist in das gleiche Koordi›atennetz die Aufnahmeisotherme für ein Paraffinwaschöl ›ingetragen. Der große Unterschied insbesondere bei ge›inger Konzentration des Benzoldampfes springt in die ›ugen.

Diese hohe Adsorptionskraft kennzeichnet die aktive ›ohle als ein einzigartiges Mittel, um Gase, Dämpfe, Ge›uchstoffe usw. zu beseitigen, die bei industriellen Arbeits›orgängen in starker Verdünnung in Luft oder andern ›asen auftreten und deshalb sehr schwer zu fassen sind. ›ind die aufzunehmenden Stoffe von Wert, so können sie in den meisten Fällen leicht aus der Kohle wiedergewonnen werden. Am bekanntesten ist hierfür das Bayer-Verfahren[6]), bei dem die aktive Kohle erhitzt und durch Spülen mit Wasserdampf wiederbelebt wird, wobei die ausgetriebenen Stoffe — nunmehr in konzentrierter Form — zusammen mit dem Spüldampf in einem Kondensator niedergeschlagen oder sonstwie gewonnen werden.

Diese Wiederbelebung der aktiven Kohle in Verbindung mit der Gewinnung der vorher aufgenommenen Stoffe ist ein sehr einfacher Vorgang, dessen praktische Ausführung keinerlei Verwicklungen mit sich bringt. Abb. 5 zeigt eine kleine Anlage zur Gewinnung von Benzoldämpfen. Das obere Gefäß ist der mit aktiver Kohle gefüllte Adsorber, durch den das zu reinigende Gas geleitet wird. Nachdem die Kohle genügend gesättigt ist, wird das Gas auf einige Zeit abgestellt und das Filter ausgedämpft; das Gemisch wird in dem Kondensator (mitt-

Abb. 4
Aufnahmefähigkeit von aktiver Kohle und Paraffinöl bei jeweils gleichbleibender Temperatur und verschiedenem Benzoldampfgehalt des Gases

[1]) Diese Arbeit beschränkt sich unter Ausschluß der pulverför›igen Entfärbungskohle auf die körnige Kondensationskohle; s. auch ›ecklenburg, Zeitschr. f. angew. Chemie Bd. 45 (1924) S. 873.
[2]) DRP Nr. 310 092 der I. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen.
[3]) Hergestellt von der Carbo-Union.
[4]) Hergestellt von der National Carbon Co.
[5]) Vergl. Zeitschr. f. angew. Chemie Bd. 34 (1921) S. 378.
[6]) DRP Nr. 310 092; s. auch Engelhardt, „Kunststoffe“ Bd. 10 (1920) S. 195; ders., „Gas- u. Wasserfach“ Bd. 65 (1922) S. 473.

Abb. 1 und 2
Aktive Kohle, hergestellt von der Carbo-Union

Abb. 3. Aktive Kohle, hergestellt von der National Carbon Co.

Abb. 1 bis 3. Verschiedene Sorten aktiver Kohle — M. 1 : 2

Abb. 5
Kleine Anlage zur Wiedergewinnung von Benzoldämpfen

leres Gefäß) niedergeschlagen und das Kondensat in dem Abscheider (unterer Topf) in Wasser und Benzol gemäß dem Unterschied im spezifischen Gewicht leicht getrennt.

Die ausgedämpfte aktive Kohle wird sodann unter Anwendung von Luft oder Gas getrocknet und gekühlt, worauf die Adsorption wieder beginnen kann.

Es liegt auf der Hand, daß in den meisten industriellen Betrieben diese Unterbrechung in der Behandlung des zu reinigenden Gases nicht angängig ist. Man kommt also zur Anwendung von mehreren Adsorbern, von denen immer mindestens einer adsorbiert, während die übrigen für die Wiederbelebung verfügbar sind.

Die Schilderung der verschiedenen Zwischenstufen, die sich bei der Entwicklung des Verfahrens ergaben, würde hier zu weit führen. Die Beschreibung einer vor mehreren Monaten in Betrieb gesetzten Großanlage, Abb. 6 bis 8, wird den heutigen Stand am besten beleuchten.

Diese Anlage wurde von der Carbo-Union[7]) in Rumänien für die Gesellschaft Astra-Romana errichtet und dient zur Gewinnung von Leichtbenzindämpfen aus Erdgas. In dieses Arbeitsgebiet hat die aktive Kohle besonders rasch Eingang gefunden, nachdem sich gezeigt hatte, daß mit niedrigen Betriebskosten ein hochwertiges, vollkommen klares Gasolin (Leichtbenzin) erzeugt werden kann. Die Anlage, die zunächst täglich 13 000 kg Gasolin aus Erdgas gewinnen sollte, nimmt jetzt 20 000 kg auf. Die Konzentration des Gasolindampfes im ankommenden Sondengas beträgt 100 bis 140 g/m³, bestimmt nach Burrell-Oberfell[8]).

Die mit Nachverdichter (s. unten) arbeitende Anlage hat — hierauf bezogen — mehr als 100 vH Ausbeute. Diese zunächst verblüffende Tatsache ist leicht dadurch zu erklären, daß bei der praktischen Arbeit in diesem Fall eine Reihe von Kohlenwasserstoffen aus dem Gase verflüssigt werden, die bei dem ohne Nachverdichtung arbeitenden Prüfverfahren nicht niedergeschlagen werden können. Anderseits muß man bei dieser Anlage ohne Zuschaltung des Nachverdichters unter 100 vH des nach Burrell-Oberfell nachgewiesenen Gasolingehaltes erhalten, weil man bei diesem Verfahren willkürlich mit Eiswasser kühlt, während in den Erdgasgebieten für den praktischen Betrieb häufig die Kühlwassertemperatur 25 oder sogar 30 °C überschreitet.

Die wichtigsten Teile der Anlage sind die sechs Absorber (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*), von denen jeweils drei aufnehmen, während die drei andern erhitzt, ausgedämpft, getrocknet und gekühlt werden.

Die aktive Kohle wird durch gespannten Sattdampf mittels eigenartiger Rohrschlangen geheizt. Nach diesem Erhitzen, bei dem nur sehr wenig Benzin ausgetrieben wird, beginnt das Spülen mit entspanntem Wasserdampf und damit das Lösen der Bindung zwischen Benzin und Kohle. Das Gemisch von Benzindampf und Wasserdampf wird der Kondensation (*h*, *i*) und Kühlung (*k*) zugeführt. Die neuesten Großanlagen, wie auch die hier beschriebene, haben als erste Stufe der Kondensation einen „Dampfsparer" (*g*)[9]), in dem unter Ausnutzung der Kondensationswärme frischer Spüldampf erzeugt und sofort wieder zur Spülung der Adsorber verwendet wird (Kompressionsverdampfung). Mit diesem geschützten Verfahren wird neben andern Vorteilen[9]) eine erhebliche Verminderung des Frischdampfverbrauches der Anlage erreicht.

Die in der Kondensation noch nicht verdichteten, aber jetzt im Gegensatz zum Rohgas hochkonzentrierten Benzindämpfe werden von dem kleinen Nachverdichter (*l*) angesaugt, der sie schon bei niedrigem Druck zum weit überwiegenden Teil in dem Kühler *m* niederschlägt. Zur Erhaltung („Stabilisierung") des hier anfallenden sehr niedrig siedenden Benzins, das schon bei gewöhnlicher Temperatur kocht (spezifisches Gewicht etwa 0,630), wird es sofort mit dem in der Hauptkondensation gewonnenen Hauptteil gemischt, wobei ein Gesamtbenzin erzeugt wird, dessen spezifisches Gewicht je nach der Wahl der Beladung der aktiven Kohle und andrer Betriebsbedingungen zwischen 0,650 und 0,665 liegt. Dieses hochwertige Erzeugnis der Gesamtanlage wird seinerseits im allgemeinen mit schwerem Benzin aus den Destillationen geblendet, wobei man einen Betriebstoff erhält, der bei genügender Haltbarkeit („Stabilität") so viel leichte Bestandteile einschließt, als zur Erreichung bestimmter Verbrennungsverhältnisse gerade erwünscht ist.

[7]) Arbeitsgemeinschaft der Firmen I. G. Farbenindustrie in Leverkusen, Metallbank und Metallurgische Gesellschaft in Frankfurt a. M., Verein für chem. u. metallurg. Produktion in Karlsbad.

[8]) Die wichtigsten Kennzeichen dieses Bestimmungsverfahrens sind: Aufnahme mittels aktiver Kohle, Austreiben unter Anwendung von Glyzerin, Niederschlagen der ausgetriebenen Dämpfe bei 0 °C.

[9]) G. Müller, „Petroleum" Bd. 22 (1926) S. 1043.

Abb. 8
Äußeres der Anlage, Abb. 6 und 7

a, b, c, d, e, f Absorber
g Dampfsparer, erste Kondensationsstufe
h, i Kondensatoren
k Kühler für das Gemisch von Benzin- und Wasserdampf
l Nachverdichter
m Kühler für die hochkonzentrierten Benzindämpfe
n, o Gebläse
p Aushilfsgebläse
r, s Vorreiniger

Abb. 6 und 7
Großanlage für ununterbrochenen Betrieb zur Gewinnung von Leichtbenzindämpfen aus Erdgas

Nachdem die betreffenden Adsorber ausgedämpft sind, enthält die darin befindliche Kohle eine gewisse Feuchtigkeit, die bis zu dem erforderlichen Grade beseitigt wird, indem man mittels der Gebläse *n*, *o* (*p* ist Aushilfsgebläse) Luft durch das Filter bläst. Anfänglich wird mit Dampf durch eine Heizschlange geheizt, so daß der gewünschte Trockengrad mit verhältnismäßig wenig Luft erzielt wird. Hierauf wird der Dampf abgestellt, und die kalte Luft kühlt das Kohlenbett ab. Der Abkühlvorgang kann beschleunigt werden, indem die Schlangen mit kaltem Wasser beschickt werden.

Sobald der gewünschte Feuchtigkeits- und Temperaturzustand des ausgedämpften Filters erreicht ist, wird es wieder an die Gasleitungen geschaltet; die Aufnahme beginnt von neuem. In dieser Weise wird jeder Adsorber täglich mehrmals beladen und entladen. Zu erwähnen sind

Abb. 9
Blick in den Abscheideraum der Großanlage — im Hintergrunde der Dampfsparer

noch die zwei Vorreiniger *r* und *s*, in denen das ankommende Rohgas von Verunreinigungen, Ölsprüh usw. befreit wird.

Besonderer Wert ist gelegt auf eine gemeinsame Beobachtungsmöglichkeit für alle Temperaturen in sämtlichen Teilen der Anlage. Die zu diesem Zweck eingebaute elektrische Fernthermometeranlage hat neben dem Ablesegerät mit Linienwähler eine Schreibeinrichtung, die wahlweise auf die betrieblich wichtigsten oder bei besonderen Untersuchungen gerade erwünschten Meßstellen geschaltet werden kann.

Die Ausbildung der Hauptgeräte ist aus Abb. 9 ersichtlich, die einen Blick in den Hauptraum kurz vor Beendigung der Aufstellung gibt. Deutlich ist zu erkennen, wie sämtliche Meßeinrichtungen und Regelteile eines Adsorbers zusammengefaßt sind, so daß die regelmäßige Umsteuerung der Adsorber gemäß der Arbeitsvorschrift sehr erleichtert ist. Auch die Bedienung der Ventile und Schieber, die auf der Oberbühne angeordnet werden müssen, ist unter Verwendung von Kettenzügen nach unten verlegt. Beachtenswert ist noch der Dampfsparer, der in Abb. 9 im Hintergrunde sichtbar ist, sowie die darüber befindliche Dampfverteil- und Druckminderstelle.

Selbstverständlich sind viele Einzelgeräte und auch Gruppen von Geräten typisiert.

Einige Angaben über die Betriebskosten sollen die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen beleuchten. Um 1000 kg Benzin, Gasolin, Benzol usw. zurückzugewinnen, sind je nach der Größe der Anlage und den örtlichen Verhältnissen erforderlich:

1.	3 bis 4 t Dampf	zu 5,— ℳ =	15 bis 20 ℳ
2.	50 bis 100 kWh	zu 0,10 ℳ =	5 „ 10 „
3.	10 bis 30 m³ Frischwasser .	zu 0,10 ℳ =	1 „ 3 „
4.	Arbeitslohn, ist stark abhängig von der Größe der Anlage (eine 10 000 kg-Anlage kann von einem gelernten und einem ungelernten Arbeiter je Schicht bedient werden), etwa		4 „ 10 „
5.	Allgemeine Betriebsmittel		4 „ 7 „
6.	Verbrauch an aktiver Kohle		2 „ 5 „
			31 bis 55 ℳ

oder für 1 kg wiedergewonnenes Erzeugnis 3,1 bis 5,5 ₰.

Diese reinen Betriebskosten sind zu vermehren um die Ausgaben für Leitung und Verwaltung, sowie Beträge für Ausbesserung und Tilgung, die von Fall zu Fall stark wechseln. Immerhin ist offensichtlich, daß auch bei reichlicher Bemessung dieser Zuschläge eine derartige Anlage als sehr wirtschaftlich bezeichnet werden kann, da der Preis für 1 kg des gewonnenen Erzeugnisses im allgemeinen nicht unter 25 ₰, gewöhnlich jedoch bedeutend darüber liegt. [B 2191]

Gewehrlaufprüfer

Der in Z. Bd. 71 (1927) S. 105 beschriebene und abgebildete Gewehrlaufprüfer, den Major Knauer in Zusammenarbeit mit der Firma F. Staeger, Berlin-Steglitz, durchgebildet hat, veranlaßt mich, folgendes zu bemerken.

Das Bedürfnis, verhältnismäßig lange und enge Rohre, Gewehrläufe u. ä. auf die Beschaffenheit ihrer Innenfläche genauer als durch bloßes Durchsehen mit unbewaffnetem Auge zu prüfen, ist bei den gesteigerten Anforderungen an die Werkstoffe und der schärfer werdenden Nachprüfung in den letzten Jahren immer stärker empfunden worden. Ein solches Prüfgerät ist von S. Nakamura im Jap. Journ. Phys. 1922 S. 21 und in der Nagaoka-Festschrift, Tokio 1925, S. 25 beschrieben. Eine ausführliche Wiedergabe findet sich auch im Journal of the Opt. Society of America 12 Nr. 2 1926. Es handelt sich um ein mehrlinsiges Gerät mit Beleuchtungsvorrichtung zu dem Zwecke, das Innere von Gewehrläufen zu besichtigen und zu photographieren.

Schon in den ersten Kriegsjahren (1915/16) stand die deutsche Marine vor der dringenden Notwendigkeit, das Innere der Kondensatorrohre (13 mm kleinste lichte Weite) genau auf Oberflächenbeschaffenheit zu prüfen, da die Rohrbeschaffenheit für die Betriebsicherheit von Kondensatoren lebenswichtig war. Bei den großen Längen (bis über 6 m) war das bis dahin übliche Verfahren, mit unbewaffnetem Auge durch das beleuchtete Rohrinnere zu sehen, gänzlich wertlos. Der Unterzeichnete, in den Kriegsjahren Abnahmebeamter bei der Reichsmarine, kam dabei im Jahre 1916 auf den Gedanken, das Periskop-Verfahren für die Untersuchung anzuwenden. Aus dieser Anregung entstand in Zusammenarbeit mit der Firma Goerz, Berlin, ein Gerät, das seinen Zweck in vollkommenster Weise erfüllte. Da eine ausführliche Beschreibung einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleibt, so sei hier nur gesagt, daß das Gerät aus einer Reihe von Linsen besteht, die in einem 3,5 m langen Rohr von 13 mm Außendurchmesser sitzen; am vorderen Ende liegt das Objektiv für das Rundbild des in der Nähe des Objektivs befindlichen Teiles der Rohrwand. Ein Drehen zum Absuchen des Rohrumfanges ist somit nicht erforderlich. — Das Gesichtsfeld des Gerätes beträgt 50°. Eine kleine, mattierte Glühlampe ist mit dem Beobachtungsrohr verschiebbar vereinigt. Das Gerät hat eine Zentimeterteilung, damit man vorhandene Fehlstellen örtlich festlegen kann.

Dieses in mehreren Stücken ausgeführte Gerät ist von der Reichsmarine während des Krieges und später mit bestem Erfolg bei Kondensatoruntersuchungen verwendet worden. [N 251]

Charlottenburg Prof. P. Krainer

Neuartige Kleindampfmaschine

Der in Z. Bd. 71 (1927) S. 284 beschriebene Kleindampfmotor ist eine Erfindung von Prof. K. Baetz, Würzburg, dem auch das Patent DRP Nr. 416 079 erteilt worden ist. Eine Beschreibung mit theoretischen Grundlagen ist erstmals in der Festschrift der Vereinigten Maschinenbauschulen Würzburg vom vorigen Jahre veröffentlicht worden. [N 263]

RUNDSCHAU

Wärme

Tagung für wärmetechnische Forschung

Der Wissenschaftliche Beirat des V. d. I. hat vor etwa zwei Jahren führende Forscher auf dem Gebiete des Wärmedurchgangs und der Wärmeleitung und -strahlung in Feuerungen und Maschinen in einem Ausschuß vereinigt, der wichtige wissenschaftliche Forschungen auf diesen Gebieten anregen und fördern soll. Auf Anregung des Ausschusses werden an verschiedenen Hochschulen und in Laboratorien der Industrie zurzeit etwa 25 Versuchsreihen durchgeführt, über die die Forscher in den kleinen Tagungen des Ausschusses berichten.

An der Tagung in München am 7. und 8. Januar 1927 nahmen etwa 40 Wissenschaftler teil. In drei Sitzungen wurden Wärmeübergang, Wärmeleitung und -strahlung und Wärmekraft behandelt.

Wärmeübergang

Als erster sprach Prof. Knoblauch, München, über den Einfluß des Wärmeüberganges auf die Temperaturmessung. Er gab einen zusammenfassenden Überblick über die neuerdings in München experimentell bestimmten Temperaturmeßfehler, die durch Wärmeableitung und Abstrahlung des Meßgerätes entstehen[1]). Die Größe der Fehler stimmt der Art und der Zahl nach mit den theoretischen Formeln überein. Besonders tritt der Einfluß des Wärmeüberganges von dem zu untersuchenden Mittel auf das Meßgerät hervor. Infolgedessen ist der Meßfehler bei Flüssigkeiten klein; in Gasen wird er durch Vergrößern der Stromgeschwindigkeit verringert. In der Aussprache wurde angeregt, Merkblätter für die Vermeidung von Meßfehlern herauszugeben.

Dr.-Ing. Reiher, München, berichtete über neueste Versuche zur Bestimmung des Wärmeüberganges von strömender heißer Luft an Rohre und Rohrbündel im Kreuzstrom. Versuche an kreisrunden, glatten und aufgerauhten Wasserrohren, gegen die heiße, stark durchwirbelte Luft strömte, zeigten den Einfluß der Durchwirbelung und Aufrauhung auf den Wärmeübergang. Jede Erhöhung der Wirbelung erhöht, wie die Grenzschichttheorie bestätigt, den Wärmeübergang. Dies ist auch der Fall bei geheizten Rohren mit elliptischem und tropfenförmigem Querschnitt, die durch außen strömende Luft gekühlt werden. Bei Rohrbündeln mit versetzt angeordneten Rohren ergibt die starke Wirbelbildung im Luftstrom eine um etwa 28 vH höhere mittlere Wärmeübergangszahl als bei geradliniger Rohranordnung.

Vor etwa sechs Jahren hat H. Thoma Versuche an kleinen Rohrmodellen angestellt, die die Diffusion umströmender Gase sehr anschaulich im Bilde zeigen. Rohre aus Fließpapier werden mit Säure getränkt und von ammoniakhaltiger Luft umströmt. Dadurch wird die Säure zum Teil neutralisiert, und die Salmiakdämpfe werden sichtbar. Bei der Ähnlichkeit zwischen Wärmeleitung und Diffusion läßt sich aus solchen Versuchen der Wärmeübergang erkennen und rechnerisch verfolgen.

Über solche Versuche in größerem Maßstabe wurde von W. Lohrisch, München, berichtet. Die Versuche ergaben einwandfrei, daß es möglich ist, den Wärmeübergang durch Diffusionsversuche zu untersuchen. Untersucht wurde der Wärmeübergang bei verschiedenen Geschwindigkeiten für Einzelrohre, Bündel mit hintereinanderliegenden und versetzten Rohren und für ovale Rohre. Zum Teil lagen Ergebnisse aus wirklichen Beobachtungen vor (H. Reiher); diese wurden durch die Diffusionsversuche unter Berücksichtigung der neuen Diffusionskonstante für Ammoniak in Luft sehr schön bestätigt. Ferner wurden die Verteilung des Wärmeüberganges auf dem Umfang eines kreisrunden Rohres bei verschiedenen Geschwindigkeiten und der Wärmeübergang bei umlaufenden Einzelrohren sowie einer Reihe von umlaufenden Rohren bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Drehzahlen festgestellt.

Im Anschluß hieran führte Prof. H. Thoma, Karlsruhe, weitere eindrucksvolle Lichtbildaufnahmen derartiger Strömungen vor.

Neuere Versuche über Wärmeübertragung in Luftschichten durch Konvektion haben Dr.-Ing. Reiher und W. Mull, München, angestellt. Die 1907 von Nußelt angestellten Versuche zeigten, daß die die Wirkung der Leitung und Konvektion in sich schließende scheinbare Wärmeleitzahl λ mit zunehmender Dicke wächst. Die Entwicklung der Technik forderte eine Ergänzung und Erweiterung der bisherigen Versuche. Bei den neuen Versuchen konnten senkrechte und wagerechte Schichten von 1 bis 10 cm Dicke bei weitgehender Änderung der Versuchsbedingungen untersucht werden. Es ergab sich wie bei Nußelt, daß λ mit der Dicke wächst und außerdem mit wachsender Temperatur zunimmt. Eine Änderung der Höhe und Breite der Luftschicht übte keinen wesentlichen Einfluß aus, was auf Grund photographisch aufgenommener Strömungsbilder vorauszusehen war. Zahlenmäßig stimmen die erhaltenen Werte mit denen von Nußelt für 0 bis 5 cm Schichtdicke in dem benutzten Temperaturbereich überein; von 5 bis 10 cm Dicke ergaben sich größere Werte.

D. Richter, Wien, bearbeitet seit Jahren die Kühlung bei Fahrzeugmotoren. Seine Berechnungen der Luftröhrchenkühler wurden durch amerikanische Messungen im wesentlichen bestätigt. Auch am Verdampfkühler haben die Amerikaner im vergangenen Jahre viel gearbeitet. Bei der Wärmeübertragung durch Rippen[2]) scheinen die Grundfragen heute gelöst, für die Berechnung des Einflusses örtlich veränderlicher Wärmeübergangzahlen sind noch Versuche erforderlich. Da die luftgekühlten Zylinder von Flugmotoren schon beträchtliche Größe erreicht haben[3]), ist zu erwarten, daß auch die Luftkühlung bei Kraftwagenmotoren weitere Fortschritte machen wird. Erwähnt wurde, daß in Dresden und in München Untersuchungen über Wärmeübergang in engen Spalten und in Kraftwagenkühlern vorbereitet sind.

Prof. Jakob und Dr.-Ing. Erk, Charlottenburg, haben Versuche mit strömendem Sattdampf und Heißdampf angestellt, um den Wärmeübergang an Rohre zu klären. Eine Abhandlung von Stender[4]) hatte angeregt, die Bewertung von Heißdampf als Heizstoff durch Versuche zu entscheiden. Bisher ist in Vorversuchen der Wärmeübergang von kondensierendem Satt- und Heißdampf geprüft worden. In der Versuchsanlage strömte der Dampf (bis zu 40 kg/h) aus einem Kessel mit Gasheizung durch einen elektrischen Überhitzer, wo er bis auf 330 ° erhitzt werden konnte, in ein senkrecht angeordnetes, 17 mm weites, gezogenes Messingrohr, und wurde hier fast vollständig niedergeschlagen. Es ergab sich, daß bei gleichem Druck (1 at) und annähernd gleicher Wandtemperatur bei Satt- und bei Heißdampf ungefähr die gleiche Wärmemenge in der Zeiteinheit auf einer Flächeneinheit an das Rohr überging. Die Wärmeübergangzahl $\alpha = \frac{Q}{t_d - t_w}$ betrug bei Sattdampf etwa 6000 und sank bei Heißdampf von 330 ° entsprechend dem größeren Temperaturunterschied bis auf 940.

Über den Wärmeaustausch bei Verdunstung und Taubildung sprach Dr.-Ing. Merkel, Dresden. Zwischen einer Wasserfläche und darüber hinstreichender feuchter Luft (Dampfluftgemisch) findet ein zweifacher Wärmeaustausch statt. Der Übergang fühlbarer Wärme, der die Temperatur der Luft erhöht, erfolgt genau wie zwischen einer festen Wand und der Luft. Der weitere Wärmeaustausch beruht auf dem Übergang von Wasserdampf entweder von der Wasseroberfläche in die Luft (Verdunstung) oder aus der Luft an das Wasser (Taubildung), wobei sich der Wärmeinhalt des Dampfluftgemisches um die Verdampfwärme des übergehenden Wassers ändert. Der Übergang von Wärme und der von Wasser stehen in einer ganz bestimmten Beziehung zueinander. Die Übertragung von Wärme oder Wasser von Molekel zu Molekel durch Wärmeleitung oder Diffusion ist nur gering; schon bei schwacher Luftbewegung gibt die Konvektion allein den Ausschlag.

Trotz ihrer großen Bedeutung hat man Verdunstung und Taubildung bisher nur wenig experimentell untersucht. Im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Dresden ist jetzt eine Versuchsanlage dafür geschaffen worden. Zunächst sind Versuche über Verdunstung an freien Wasserflächen (Verdunstungskühlung, Luftbefeuchtung) und über Taubildung an festen Wänden und an Flüssigkeitsflächen (trockene und nasse Luftkühler, Luftentfeuchtung) beabsichtigt. Dann soll die Verdunstung aus feuchten Stoffen als Grundlage des Trocknens eingehend untersucht werden.

[1]) Vergl. „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" Bd. 6 (1926) S. 273, 319, 349.

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 889.

[3]) „Journal of the Society of Automotive Engineers" Bd. 19 (1926) S. 303.

[4]) Z. Bd. 69 (1925) S. 905.

Wärmeleitung und Wärmestrahlung

Dr.-Ing. Raisch, München, berichtete über die Einrichtung im Forschungsheim für Wärmeschutz, womit die Wärmeleitung feuerfester Steine bei hohen Temperaturen untersucht werden soll. Die Versuche werden bis zu Temperaturen über 1000 °C ausgedehnt.

Über die Gesamtstrahlung feuerfester Baustoffe haben Prof. Eberle und Dr.-Ing. Wetzler, Darmstadt, Untersuchungen angestellt. Die Strahlung der zu untersuchenden Körper wird mit der eines schwarzen Körpers verglichen. Bei allen bisher untersuchten Steinen stieg die Strahlungszahl zwischen 600 und 1000 °C wenig. Gichtstaub und ähnliche in der Hitze sich verändernde Stoffe zeigen einen bemerkenswerten Abfall der Strahlungszahl infolge der beim Zusammenbacken entstehenden reflektierenden Flächen.

Dr.-Ing. Cammerer, Berlin, hat Unterlagen für die Berechnung der wirtschaftlichsten Dicke von Isolierungen für Rohrleitungen bei unterbrochenem Betrieb geschaffen. Er unterscheidet folgende Betriebsfälle: Vollkommener Dauerbetrieb, durchlaufender Betrieb während eines Teils des Jahres, täglich unterbrochener Betrieb, Betrieb mit zusätzlichen Wärmeverlusten. Für die Berechnung wurden Zahlentafeln gewählt, worin die Anlagekosten in Abhängigkeit von der Isolierdicke gestaffelt sind. Zur Schaffung der Unterlagen wurde der Anwärm- und Auskühlvorgang für mittlere geordnete Verhältnisse experimentell untersucht und darauf eine einfache Berechnung aufgebaut. Für Nebenrechnungen (Speicherwärme im Dauerzustand, zusätzliche Betriebsverluste usw.) dienen Hilfstafeln und Diagramme. Das Tafelwerk soll für den Entwurf von Anlagen einen Überblick über die in Frage kommenden Isolierdicken liefern, da sich gezeigt hat, daß aus Mangel an Platz oder Möglichkeit der Befestigung vielfach die wirtschaftlichste Isolierdicke nicht angewendet werden kann.

Als Beispiel für die Wichtigkeit von Wärmeübergangsproblemen in fast allen Zweigen der Technik gab Prof. H. Thoma, Karlsruhe, allgemeine Erläuterungen zur Erkenntnis der laminaren Schmierölreibung in Lagerspalten. Untersucht man die Reibungskräfte von Maschinenöl in Lagerspalten bei verschiedenen Geschwindigkeiten und möglichst gleichbleibender Temperatur, so zeigt sich, daß bei den gebräuchlichen Gleitgeschwindigkeiten die Reibungskräfte nicht der Reibungsgeschwindigkeit proportional sind. Bei einem hydraulischen Getriebe stieg die Reibungsleistung von 3 bis 6 m/s etwa verhältnisgleich der Gleitgeschwindigkeit; die Reibungskräfte blieben also nahezu unverändert, während die Schmiermitteltheorie die Zunahme der Reibungskräfte verhältnisgleich der Geschwindigkeit voraussetzt.

Die Erklärung für diese merkwürdige Erscheinung sieht Thoma in der Reibungswärme des Schmiermittels und in deren Verteilung. Wenn die Schmiermittelschicht nicht allzu dünn ist, und wenn für gute Kühlung des Zapfens und der Schale durch frisches Öl gesorgt wird, so tritt das Wärmegefälle hauptsächlich in der Schmiermittelschicht ein. Die Wärmeentwicklung in der Schmiermittelschicht hat zur Folge, daß die mittleren Zonen des Schmiermittelbandes stärker überhitzt werden als die äußeren, die unmittelbar an den metallischen Wandungen anliegen.

Dipl.-Ing. Weber, Karlsruhe, wandte ähnliche Betrachtungen auf die elektrischen Kontakte an. Bei kugelförmigen Kontakten aus Hartkupfer sind die Berührungsflächen klein; trotzdem können beträchtliche Ströme ohne unzulässige Erwärmung durchgeleitet werden. Die Erklärung ergibt sich daraus, daß die Wärmeentwicklung örtlich eng begrenzt ist und daß jenseits der Berührungsflächen die Stromquerschnitte sehr schnell wachsen. Wenn die Stromverteilung in den Kontakten bekannt ist, kann man die Wärmeentwicklung und die Temperatur an jeder Stelle bei stetigem Zustand berechnen. Die mit wachsender Temperatur abfallende elektrische Leitfähigkeit des Kontaktkörpers muß man dabei berücksichtigen.

Wärme und Kraft

Dr.-Ing. Deinlein, München, berichtete über die bisherigen Arbeiten im Elektrizitätswerk München-Schwabing zur Untersuchung der Vorgänge bei der Verbrennung in Dampfkesselfeuerungen unter besonderer Berücksichtigung selbsttätiger Roste. Die Versuchseinrichtungen dienen zur Messung der Temperatur der Rostoberfläche, der Temperatur in der Brennstoffschicht, der Luftdurchlässigkeit der Brennstoffschicht und zur Entnahme von Brennstoffproben aus der Brennstoffschicht. Der Vortragende zeigte den Verlauf der Temperatur an der Rostoberfläche und in der Brennstoffschicht sowie den Verlauf der Luftgeschwindigkeiten zwischen den Rostgliedern. Die Temperaturen in der Brennstoffschicht und an der Rostoberfläche stiegen bei der Versuchsbelastung erst nach 40 vH des ganzen Brennstoffweges erheblich. Der Luftdurchsatz ist am Anfang des Brennstoffweges ganz gering und nimmt allmählich mit dem Abbrand der Kohle zu. Über dem abgebrannten Feuer, gegen den Abstreifer zu, wo verbrennungstechnisch die kleinste Luftmenge durchstreichen soll, ist die Luftgeschwindigkeit am größten.

In Verbindung mit der Vereinigung der Großkesselbesitzer hat H. Cleve, München, Versuche über Wasserumlauf in Dampfkesseln angestellt. In Modellversuchen wurde die Abhängigkeit der Wassergeschwindigkeit beim Eintritt in ein elektrisch beheiztes Rohr von der Beheizung gemessen. Der Aufbau des Modells wurde hierbei wiederholt verändert. Die Meßgenauigkeit der in der Praxis ausgeführten Versuche wurde im Laboratorium näher bestimmt. In der Aussprache wies Dr. Richter auf die Ähnlichkeit der Vorgänge mit denen bei Thermosyphonkühlern an Kraftwagen hin. Wird die Dampfbildung zu stark, so steigen große Blasen auf und der Querschnitt für das Wasser wird stark eingeengt.

Prof. Jakob machte Angaben über seine Versuche zur Bestimmung der Verdampfwärme des Wassers bis 20 at. Wasser von Sättigungstemperatur wird verdampft, dann bei unverändertem Druck niedergeschlagen und gewogen. Die bisherigen Versuchsergebnisse enthielten die Verdampfwärme bei 180 ° und bei 210 °. Die Versuche werden nunmehr bei höheren Drücken weitergeführt.

Über die Einrichtung im Münchener Laboratorium für technische Physik zur Ausdehnung der früheren Versuche über die Bestimmung der spezifischen Wärme des Wasserdampfes bei sehr hohem Druck sprach Dr. W. Koch, München. Die spezifische Wärme des Wasserdampfes ist durch frühere Versuche bis zu einem Druck von 30 at abs und 350 °C bestimmt worden. Infolge der Verwendung von Hochdruckdampf sollen die Versuche bis zu 120 at abs und 450 °C ausgedehnt werden. Die erforderliche Dampfmenge von 25 bis 30 kg/h wird einem stehenden, nahtlosen Kessel von 7 cm Wanddicke, 0,8 m Dmr. und 1,75 m Höhe mit rd. 0,75 m³ Wasserinhalt entnommen. Das Speisewasser wird durch eine Kolbenpumpe zugeführt und in einem Vorwärmer, der aus einer Stahlrohrschlange besteht, elektrisch geheizt. Zum Erwärmen des Kesselwassers sind 16 elektrische Heizkörper vorhanden; diese werden in Rohre eingesetzt, die in die Kesselwand eingewalzt sind. Die Beheizung läßt sich durch verschiedene Schaltung weitgehend regeln. Der im Kessel erzeugte gesättigte Dampf wird über ein Rohrbruchventil in den Vorüberhitzer und in das Kalorimeter geführt. Beide bestehen, wie der Vorwärmer, aus Stahlrohrschlangen und werden elektrisch geheizt. Im Kalorimeter werden die zugeführte Wärmemenge, die Temperaturen bei Ein- und Austritt des Dampfes, der Überdruck und der Druckabfall gemessen. Zur Temperaturmessung werden Thermoelemente mit Strahlungsschutz und Heizung benutzt.

Durch Isolierung und Schutzheizungen wird der Wärmeverlust möglichst klein erhalten. Über ein Nadelventil zum genauen Einstellen des Druckes gelangt der Dampf in einen Kondensator, wo er niedergeschlagen und gewogen wird. Die Versuche sollen in nächster Zeit ausgeführt werden.

Dr.-Ing. Sauter, München, hat die früheren Versuche zur Bestimmung der Größe von Teilchen zerstäubter Brennöle[5]) fortgesetzt. Mit der bekannten Apparatur wurden vier Spritzvergaser und zwei Druckzerstäuber untersucht. Die Beobachtungen zeigten, daß bei der Zerstäubung schwer siedender Brennstoffe durch Spritzvergaser die Flüssigkeitsteilchen sich in sehr erheblichem Maß an der Wand der Gemischleitung niederschlagen. Mit zunehmender Feinheit der Zerstäubung nimmt der Wandniederschlag ab. Die Luftgeschwindigkeit in der Luftdüse oder im Saugrohr muß auch bei guten Schwerölvergasern sehr groß sein, wenn man eine genügend feine Zerstäubung erhalten soll. Die Verdampfung spielt bei Zerstäubung von Petroleum nur eine untergeordnete Rolle, falls man nicht die Gemischleitung stark heizt. Beim Zerstäuben durch Druckzerstäuber statt Spritzvergaser war das Gemisch nicht fein genug.

Im Anschluß an die Vorträge und Aussprachen wurden die einschlägigen Laboratorien der Münchener Technischen Hochschule und des Forschungsheims für Wärmeschutz besichtigt. [N 90]

Berlin Dr.-Ing. Adrian

[5]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1040.

Aus dem Ausland

Kraftanlagen

Englische Hochleistungs-Dieselmaschine

In der Hauptversammlung der North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders in Newcastle-upon-Tyne im April 1926 berichtete W. S. Burn über die Durchbildung von Schiffsdieselmaschinen bei der Firma Richardsons Westgarth & Co. Die Wahl fiel auf den doppeltwirkenden kompressorlosen Zweitaktmotor mit Schlitzspülung, der auch auf dem Festland Erfolg erzielt hat.

Eine Einzylinder-Versuchsmaschine hatte folgende Abmessungen: 680 mm Zyl.-Dmr., 1200 mm Hub, 90 Uml./min, 800 PS_e Leistung, 5 at mittleren nutzbaren Kolbendruck.

Durch Aneinanderreihen mehrerer Zylinder würde man bei 9 Zylindern Maschinenleistungen bis zu 7200 PS_e, durch Erhöhen der Drehzahl auf 125 Uml./min sogar 10 000 PS_e erwarten können.

Der allgemeine Aufbau der Maschine, Abb. 1, zeigt schlankes Kastengestell und im Kreuzkopf gegabelte Pleuelstange; die Kurbelwelle ist aus mehreren Teilen zusammengebaut. Besonders bemerkenswert ist der Zylinder. Sein Mantel ist zweiteilig und ruht mit dem Mittelteil auf Säulen, die ihn mit der Grundplatte durch vier versteckte Ankerschrauben verbinden; diese Schrauben verbinden gleichzeitig die Teile des Wellenlagers.

Die Zylinder werden an besonderen Paßflächen miteinander verschraubt. Die Mittelteile nehmen auf der einen Seite den Spülluftanschluß und gegenüber den Auspuffkasten mit eigener Wasserkühlung auf.

Die Zylinderbüchse ist dreiteilig, der mittlere Teil enthält die Spül- und Auspuffschlitze und ist genügend kräftig ausgebildet, da ihr äußerer Durchmesser in der Größe nicht begrenzt wird. Die Dreiteilung der Büchse beschränkt die Gußschwierigkeiten auf einen Teil, der der Wärmebeanspruchung am wenigsten ausgesetzt ist. Um die Zylinderlänge zu verkürzen, hat man die Spülschlitze für die obere und die untere Zylinderseite abwechselnd gegeneinander versetzt und einander so nahe angeordnet, daß die Unterkante der oberen Spülschlitzreihe mit der Oberkante der unteren Reihe beinahe zusammenfällt.

Die beiden Zylinderdeckel sind ungefähr gleich und zeichnen sich durch eine einfache, für hohe Temperaturen äußerst geeignete Bauart ohne Rippen aus. Eine mittlere

Abb. 1. Englische Hochleistungs-Dieselmaschine der Firma Richardsons Westgarth & Co

Abb. 2 und **3**
Brennstoff-Ventil

Abb. 4 bis **7**
Oberer und unterer Verbrennungsraum

Öffnung, die im unteren Deckel die Kolbenstangen-Stopfbüchse, im oberen den Einsatz für das Anlaßventil aufnimmt, bietet eine genügende, symmetrische Versteifung der beiden Deckelböden. Die Abdichtung erfolgt in der zylindrischen Paßfläche zwischen Deckel und Zylinderbüchse durch je fünf Ringe.

Der Kolben ist zweiteilig, hat fünf Ringe für jede Seite und wird mit Wasser gekühlt, das durch Posaunenrohre zugeführt wird. Der Brennstoff wird durch je zwei Düsen, Abb. 2 bis 7, eingespritzt. Ob sie eine günstige Aufbereitung des Brennstoffes ergeben, müssen noch die Versuche zeigen.

Für jede Zylinderseite ist eine besondere Brennstoffpumpe vorhanden, wobei je zwei zusammengehörige Brennstoffventile durch einen Pumpenkolben bedient werden. Die Brennstoffmenge regelt selbsttätig ein Hartung-Regler, der die Öffnungsdauer des Saugventils beherrscht. Die in den oberen Zylinderdeckeln untergebrachten Anlaßventile werden selbsttätig durch ein Ventil gesteuert, das neben der Brennstoffpumpe angeordnet ist; diese und das Steuerventil werden von einer gemeinsamen, mit den entsprechenden Nocken für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt ausgerüsteten Nockenwelle betätigt, die ihren Antrieb von der Kurbelwelle erhält. Um die Maschine umzusteuern, verschiebt man die Nockenwelle in der „Stop"-Stellung axial. Beim Anlassen werden die oberen Zylinderseiten auf Druckluft geschaltet, während in den unteren Zylinderseiten die Verbrennung eingeleitet wird.

Die gesamte Steueranlage einschließlich Brennstoffpumpen, Anlaß-Steuerventil, Regler, Tachometer usw. bildet eine geschlossene Gruppe, die in Flurhöhe an der Längsseite der Maschine angeordnet wird.

Versuchsergebnisse dieser Maschinen konnten noch nicht mitgeteilt werden. [M 2362]

Dresden Dipl.-Ing. Leitner

Kohlenstaub-Aufbereitung und Kesselhaus im East-River-Kraftwerk, New York

Das neue große Kraftwerk am East River, dessen Bau 1925 begonnen wurde und dessen Fertigstellung für 1930 geplant ist, soll eine Gesamtleistung von 700 000 kW haben. Bisher sind zwei Turbodynamos von je 60 000 kW Leistung und die dazugehörige Kesselanlage mit sechs Kesseln zu je 1760 m² Heizfläche für 26,7 at bei 372 ° für Kohlenstaubfeuerung in Betrieb genommen worden[1]). Zu jedem Kessel gehören Überhitzer von 319 m² und Luftvorwärmer von 2685 m² Heizfläche. Von den Kesselheizflächen entfallen 385 m² auf die Kühlrohre im Brennraum, dessen Inhalt 445 m³ beträgt. Die Kohlenanlage, zu der ein Lagerplatz für 48 000 t gehört, umfaßt 6 Kohlenstaubmühlen von je 15 t/h Leistung mit Windrichtern, sowie sechs Abdampftrockner.

Das East-River-Kraftwerk wird von der 14. Straße in zwei Teile geteilt. Wie Abb. 8 zeigt, laufen die Kohlenstaub-Förderrohre auf einer Straßenüberbrückung vom Gebäude der Aufbereitung ins Kraftwerk. Durch gewöhnliche Schaufelförderer wird die Kohle vom Lagerplatz in die Rohkohlenbunker gebracht, die etwa 5000 t aufspeichern können. Die einzelnen Rohkohlenbunker werden durch Bandförderer nach Bedarf gefüllt. Aus dem Rohkohlenbunker fällt die Kohle durch den stehenden, mit Abdampf beheizten Kohlentrockner, läuft dann über den Magnetscheider in die Kohlenstaubmühlen. Die Mühlen können je rd. 15 t/h bei 20 vH Rückstand auf dem 200 Maschen-Sieb liefern. Sie haben Siebsichtung, da man hierdurch eine größere Sicherheit gegen Staubexplosionen zu schaffen hofft.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1621.

Abb. 8
Kohlenstaub-Aufbereitanlage im East-River Kraftwerk, New York

a Kohlenaufzug
b Kippentlader
c Bandförderer
d Rohkohlenbunker
e Dampftrockner
f Magnetabscheider
g Kohlenstaubmühle
h Kohlenstaub-Förderpumpe
i Kohlenstaubleitung
k Staubvorratbunker
l Brennerspeiseschnecken
m Primärluftkanal
n Sekundärluftkanal
o Luftvorwärmer
p Hilfsventilator
q Staubabscheider
r Abgasventilator
s zweiter Staubabscheider
t Abgassammelkanal
u Warmluftkanal vom Luftvorwärmer
v Aschenförderkanal
w Kühlwasserkanäle

Unmittelbar neben den Mühlen steht die Förderpumpe, die den Staub in die einzelnen Kesselbunker schafft. Jeder Kesselbunker faßt 100 t. Unter den zwischen den einzelnen Kesseln hängenden Vorratbunkern läuft der gemeinsame Hauptluftkanal.

Besonders bemerkenswert sind bei diesem mitten in der Stadt liegenden Kraftwerk die Vorkehrungen, durch die man das Mitreißen von Flugasche in den Schornstein zu vermeiden gedenkt. Die Abgase werden aus dem Kessel von den Ventilatoren durch den Luftvorwärmer gesaugt und strömen durch einen Grobabscheider für Staub, dessen Wirkungsweise aus Abb. 8 ersichtlich ist. Dann werden sie von dem eigentlichen Abgasventilator erfaßt und in einen Nachreiniger für Staub gedrückt, der auf Schleuderwirkung beruht. Die Abgase von gegenüberliegenden Kesseln sammeln sich in einem wagerechten Verbindungskanal zwischen den Kesseln und gehen von da in den Schornstein. Die Rückstände, die sich unter dem Schlackenrost der Kessel im Aschentrichter sammeln, werden mit Wasser fortgespült. [M 156]

Berlin E. Schulz

Werkstoffprüfung

Ein Vergleich zwischen statischer und dynamischer Zug- und Kerbschlagprüfung

K. Honda[1]) hat die Beziehungen zwischen statischer und dynamischer Festigkeitsprüfung untersucht. Von der Gesamtarbeit, die zur Herbeiführung des Bruches geleistet werden muß, entfällt der Hauptteil auf die Formänderung, während die eigentliche Brucharbeit und der Wert für die kinetische Energie des Probekörpers zu vernachlässigen sind. Ist daher bei beiden Prüfarten die Formänderung die gleiche, so muß auch die zu leistende Arbeit die gleiche sein. Beim Zugversuch ist festgestellt, daß die aufgenommene Energie bei der dynamischen Ausführung im allgemeinen größer ist als bei der statischen; die Formänderung ist also in beiden Fällen nicht gleich, und bei gleicher Gesamtdehnung muß daher die örtliche Formänderung beim dynamischen Versuch größer sein als beim statischen. Die mit Stäben von 10 mm Dmr. und 100 mm Meßlänge angestellten Versuche sind in Zahlentafel 1 wiedergegeben.

[1]) „Engineering" Bd. 122 (1926) S. 398.

Beim Biegeversuch (statischer Biegeversuch und Schlagversuch) ist in beiden Fällen die aufgenommene Energie die gleiche. Der Bruch tritt hier in beiden Fällen bei demselben Biegewinkel, d. h. bei derselben Formänderung ein. Schon R. Jamada hat durch Versuche nachgewiesen, daß der Biegewinkel von der aufgewendeten Arbeit in linearem Verhältnis abhängig ist und daß diese Gerade in der Nähe des Nullpunktes die Koordinatenachse schneidet, d. h. daß die eigentliche Brucharbeit sehr klein ist. Die in dieser Richtung von Honda unternommenen Versuche sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Die Proben waren 54 mm lang und 10 mm hoch; die Öffnung der Kerbe betrug 45 °. Der Umstand, daß die aufgewendete Arbeit beim Schlagversuch dem Biegewinkel verhältnisgleich ist, läßt den Schluß zu, daß die Hammergeschwindigkeit keinen Einfluß auf die Größe der von der Probe aufgenommenen Energie hat. Denn solange die Probe ungebrochen bleibt, ist die Kraft, die auf sie ausgeübt wird, gleich der Gegenkraft, die die Probe auf den Hammer ausübt, und hängt daher nur von dem Werkstoff und den Abmessungen der Probe ab. Die Versuche, die in Zahlentafel 3 angeführt sind, bestätigen diese Überlegung. Das Hammergewicht betrug 22,46 kg.

Bei Dauerschlagversuchen bleibt am Anfange des Versuches nur ein sehr kleiner Teil der vom Hammer abgegebenen Energie als potentielle Formänderungsenergie in der Probe zurück, der größte Teil wird in Wärme umgewandelt oder an den Hammer zurückgegeben. Mit fortschreitender Dauer des Versuches wird die potentielle Formänderungsenergie immer größer, schließlich treten feine Risse auf, und die Probe geht zu Bruch. Ist die Energie jedes einzelnen Schlages genügend klein, so ist die in der Probe verbleibende Formänderungsenergie gleich null, d. h. es tritt kein Bruch ein. Um die Ermüdungsgrenze zu bestimmen, kann man folgenden Weg einschlagen: Bei einer Probe wird die Arbeit W_0 bestimmt, die beim Zerbrechen mit einem Schlage geleistet werden muß. Mit einer zweiten Probe wird ein Dauerschlagversuch mit einer bestimmten Anzahl von Schlägen ausgeführt und dann bei dieser Probe wieder die Arbeit W bestimmt, die beim Zerbrechen mit einem Schlage geleistet werden muß; die Dauerversuche werden mit weiteren Proben wiederholt, wobei die Anzahl der Schläge verändert wird. Dann ist

Zahlentafel 1. Zugversuche an Stäben von 10 mm Dmr. und 100 mm Meßlänge

C	Dehnung vH			Querschnittverminderung vH			Brucharbeit mkg/cm³		
vH	statisch	dynamisch	dyn./stat.	statisch	dynamisch	dyn./stat.	statisch	dynamisch	dyn./stat.
0,1	41,5	35,6	0,86	72,0	70,6	0,98	12,1	15,5	1,28
0,3	32,9	31,6	0,96	51,0	58,7	1,15	13,2	19,6	1,48
0,5	24,2	24,7	1,02	36,0	44,5	1,23	12,1	17,1	1,41
0,7	18,0	18,7	1,04	22,6	33,4	1,48	10,0	13,4	1,34
0,9	12,1	11,4	0,94	13.2	12,0	0,91	7,7	10,2	1,32

Zahlentafel 2. Biegeversuche an Stäben von 54 mm Länge und 10 mm Höhe

Breite der Probe	Tiefe der Kerbe	Probe mit 0,3 vH C bei 900 °C geglüht		Probe mit 0,3 vH C bei 900 °C in Wasser abgeschreckt, bei 600° angelassen		Breite der Probe	Tiefe der Kerbe	Probe mit 0,3 vH C bei 900 °C geglüht	
mm	mm	statisch	dynamisch	statisch	dynamisch	mm	mm	statisch	dynamisch
10	2	5,5	5,0	15,5	15,6	8	0,5	11,6	11,7
8	2	5,0	4,5	13,8	12,9	8	1,5	5,7	5,6
6	2	5,5	4,9	13,7	19,5	8	3,0	4,4	3,8
4	2	6,2	5,5	14,0	14,3				

Zahlentafel 3. Schlagversuche an Stäben von 44 mm Länge und 10 mm Höhe

Probe mit 0,1 vH C; Kerbtiefe 1,5 mm			Probe mit 0.5 vH C; Kerbtiefe 0,5 mm			Probe mit 0,9 vH C; Kerbtiefe 0,5 mm		
Hammergeschwindigkeit m/s	Gesamte Energie mkg	Aufgenommene Energie mkg	Hammergeschwindigkeit m/s	Gesamte Energie mkg	Aufgenommene Energie mkg	Hammergeschwindigkeit m/s	Gesamte Energie mkg	Aufgenommene Energie mkg
5,1	30,0	3,6	5,1	30,0	5,4	5,1	30,0	1,4
4,8	26,7	4,2	4,7	25,7	5,4	4,5	23.5	1,0
4,6	24,6	3,9	4,5	23,5	4,6	4,3	21,0	0,9
4,4	22,3	4,6	3,7	15,6	6,0	3,7	15,6	1,0
4,2	19,7	4,5	3,0	10,3	5,3	3,0	10.3	0,9
3,8	16,9	4,5	2,6	7,8	5,3	2,2	5,6	0,8
3,0	10,3	4,0	2,4	6,6	5,8	1,4	2,1	0,8
2,4	6,6	4,5	2,2	5,6				
		im Mittel 4,2			im Mittel 5,4			im Mittel 1,0

der Ermüdungsgrad $F = \frac{W_0 - W}{W_0}$. Man kann F auch mit Hilfe des elektrischen Widerstandes oder der Magnetisierbarkeit bestimmen. [N 2620]

Breslau Werner

Berichtigungen

Kuppelofen mit Kohlenstaub-Zusatzfeuerung

In der Arbeit in Z. Nr. 7 vom 12. Februar 1927 muß es auf S. 235 in der Unterschrift zu Abb. 9 heißen: Kokssatz 13 vH mit 80 vH C, Abbrand 1 vH. Die Zahl 13 vH stimmt auch mit der im Wärmeschaubild angegebenen durch den Koks zugeführten Wärmemenge von 84 624 kcal überein, bezogen auf Koks von 80 vH C bei einem Heizwert von 8137 kcal für C ($13 \times 0,8 \times 8137 = 84\,624,8$). Mit dem gleichen Koks ergibt sich bei 7,7 vH Kokssatz auch die im Schaubild Abb. 10 eingetragene Wärmemenge von 50 123 kcal.

Inwieweit eine Steigerung des Kohlenstaubzusatzes zwecks größerer Koksersparnis mit Rücksicht auf die sonstigen Verhältnisse des Kuppelofenbetriebes empfohlen werden kann, werden weitere Versuche ergeben.

[N 248] Lohse

Kupfer als Werkstoff

In dem Aufsatz von P. Melchior in Z. Nr. 12 vom 19. März 1927 muß es auf S. 374, r. Sp. 3. Abs. 2. Zeile, heißen: Zweiwertige Cupriionen. In der Unterschrift zu Abb. 1, S. 375, ist in der zweiten Zeile richtig zu lesen: Bruchdehnung (δ_4), in der Unterschrift zu Abb. 2 Leitfähigkeit $\varkappa$ von Kupfer. Auf S. 376 soll es in der Unterschrift zu Abb. 3, 5. Zeile, heißen: Die Umrechnungszahl $\frac{k_z}{H}$. [N 302]

Kleine Mitteilungen

Elektrische Öfen in der Nichteisen-Metallindustrie

Auf der Herbstversammlung des Institute of Metals besprach Campbell die elektrischen Öfen zum Metallschmelzen. Er wies darauf hin, daß viele Anlagen an dem mangelnden Verständnis für die Zusammenarbeit zwischen Elektrotechniker und Metallhüttenmann gescheitert seien. Bemerkenswert waren seine Angaben über die Gestehungskosten für das Umschmelzen von Rotguß in England. Diese betragen für das Umschmelzen im Ajax-Wyatt-Ofen rd. 24,30 ℳ/t und für das Umschmelzen im gewöhnlichen Ofen rd. 36,60 ℳ/t. Diese Zahlen sind von Gießereien in Birmingham berechnet worden. Die weiteren Ausführungen bestätigen, daß die Hochfrequenzöfen absatzweise arbeitenden Betrieb viel besser ertragen als die normalen Induktionsöfen, deren Wirtschaftlichkeit nur bei Dauerbetrieb gewährleistet ist. Auch zum Emaillieren von Metall und Glasieren von keramischen Erzeugnissen werden in England elektrische Öfen immer mehr benutzt wegen der Ersparung an Arbeitzeit und Verringerung des Ausschusses. („Engineering“ 18. März 1927 S. 334/36) [N 300 a] Wf.

Preßlinge aus Eisenerzen

Zum Stückigmachen von Kiesabbränden und Magneteisenerzschliechen ist in den letzten Jahren in den Cockerill-Werken in Belgien eine dem Kanalofen von Ramén ähnliche Anlage durchgebildet worden. Der Sinterofen, dem das vorgepreßte Erz auf besonderen Plattenwagen zugeführt wird, ist 70 m lang und 2 m breit; er hat 140 t täglichen Durchsatz. Den Ofen hat man mit den verschiedensten festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen mit Erfolg beheizt. Durch besondere Regelvorrichtungen, die in der Hauptsache aus wassergekühlten Luftschiebern bestehen, kann der Ofen unter gleichmäßigem Druck gehalten und die Heizgase je nach Bedarf über das Aufgabegut geführt werden. Die in den fertig gesinterten Preßlingen vorhandene fühlbare Wärme wird im Endteil des Ofens zur Vorwärmung der Verbrennungsluft nutzbar gemacht. Beim Sintern von Kiesabbränden beträgt der Brennstoffverbrauch bei Verwendung von Kohlen 6 vH. Die Durchlässigkeit, die für eine leichte Reduzierbarkeit im Hochofen von besonderer Wichtigkeit ist, beträgt bei Kiesabbränden 40 vH Hohlraum, bei Magneteisenerzpreßlingen 30 bis 35 vH der Gesamtmasse. Erze mit leicht schmelzendem Nebengestein werden sich jedoch in dem mit verhältnismäßig hoher Temperatur arbeitenden Ofen nicht sintern lassen. Die Kosten für das Stückigmachen werden für 1 t Erz ohne Tilgung und Verzinsung des Anlagekapitals zu 13,8 belg. Fr angegeben. („Iron and Coal Trades Review“ 11. Februar 1927 S. 235*) [N 300 b] Pr.

Indische Eisenbahnfragen

Aus dem mit dem 31. März 1926 abschließenden Jahresbericht der indischen Eisenbahnen geht hervor, daß in dem Berichtsjahr rd. 550 km neue Bahnstrecken in Betrieb genommen worden sind. Davon sind 232 km Breitspur und 234 km Meterspur. Weiter waren beim Abschluß des Jahresberichtes etwa 1630 km Breitspur, 1790 km Meterspur und rd. 500 km mit 760 mm Spurweite im Bau. Die günstige Finanzlage hat weitere Baupläne im Gefolge. So waren bis zum 31. März 1926 rd. 11 000 km zum Bau genehmigt oder in Aussicht genommen, wobei die Umstellung von verschiedenen Vorort- und Fernbahnen auf elektrischen Betrieb in Erwägung gezogen wurde. Weiterhin war ein großer Fortschritt in der Frage der Normung zu verzeichnen. Diese Normung befaßt sich nicht nur mit Lokomotiven und Wagen, sondern auch mit Brücken, Gleisen, Signalen und Verriegelungen. In zahlreichen Bezirken wurde der Verbesserung der Werkstätten besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die Einführung der selbsttätigen Mittelkupplung wird große Umänderungen der Wagenuntergestelle erfordern, eine Arbeit, zu der beratende Ingenieure herangezogen werden sollen. Die Versuche mit selbsttätigen Kupplungen verschiedener Bauart werden fortgeführt. Zur Vergrößerung des Wagenparks will man eiserne Wagen aus dem Auslande beziehen. („The Engineer“ 4. März 1927 S. 235) [N 300 c] Krs.

Öltankschiff mit dieselelektrischem Antrieb

Das noch im Bau befindliche Schiff von 12 500 t Tragfähigkeit wird rd. 140 m lang sein bei 19 m größter Breite und 10,8 m größter Raumtiefe. Die Stromerzeugeranlage besteht aus vier einfachwirkenden Sechszylinder-Dieselmotoren von je 750 PS bei 225 Uml./min, die mit luftloser Einspritzung arbeiten, und vier mit diesen unmittelbar gekuppelten Gleichstromerzeugern für 250 V. Diese liefern die Energie für den auf eine Schraube wirkenden Antriebmotor von 2800 PS bei 95 Uml./min, der dem Schiff 11 Kn Geschwindigkeit erteilen kann. Zum Verladen der Öllast dienen elektrisch angetriebene Kreiselpumpen. Der Energiebedarf der Hilfsmaschinen soll nicht mehr als 1½ vH der gesamten erzeugten Energie betragen. Bauwerft ist die Scott's Shipbuilding and Engineering Co., Ltd., Greenock. („The Engineer“ 18. März 1927 S. 287) [N 300 d] Sd.

Ein neuer Rost für kleine Kesselanlagen

Während die Kohlenstaubfeuerung immer mehr für große Kesselanlagen verwendet wird, ist für mittlere und kleine Betriebe in den meisten Fällen die Rostfeuerung zweckmäßiger und wirtschaftlicher. Die große Aufmerksamkeit, die man ihr selbst in Amerika noch zuwendet, kommt schon darin zum Ausdruck, daß auf der Ausstellung für Kraft- und Wärmewirtschaft, die vom 15. bis 19. Februar in Chikago stattfand, nicht weniger als drei neue Rostbauarten ausgestellt waren, von denen namentlich der Harrington-Stoker Erwähnung verdient. Er ist vor allem für kleine Kessel bestimmt und wird in Größen von rd. 1,65 bis 5 m² geliefert. Bemerkenswert ist der sehr geringe Kraftverbrauch, der dadurch erreicht wird, daß der Rost nur drei bewegliche Teile hat, während annähernd die Hälfte der Rostfläche stillsteht. Der Rost besteht aus fünf Teilen, die treppenförmig übereinandergreifen. Der erste und dritte Teil führen eine hin- und hergehende Bewegung aus, gleiten auf den feststehenden Teilen und befördern den Brennstoff allmählich zur gleichfalls beweglichen Aschenplatte. Nachdem er hier nochmals hin- und herbewegt ist, gelangt er, völlig ausgebrannt, in den Aschenkanal. („Power“ 8. März 1927 S. 362*) [N 300 e] Pt.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

ie Förderung von Massengütern. Von Georg v. Hanffstengel. 2. Bd., 1. T.: Bahnen. 3. vollst. umgearb. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 347 S. m. 555 Abb.

Entsprechend der schnellen Entwicklung der Förderchnik in den letzten Jahren weicht auch der zweite Band er neuen Auflage von der früheren erheblich ab. Die ülle des behandelten Stoffes hat sogar eine Teilung notendig gemacht. Der vorliegende 1. Teil behandelt alle ördereinrichtungen, die unter den Begriff „Bahnen" fallen, ährend in dem zweiten noch nicht erschienenen Teil Krane nd solche Anlagen beschrieben werden sollen, die aus ranen und anderen Fördermitteln zusammengesetzt sind.

Die einzelnen Teile des Buches sind diesmal durch besondere Sachverständige bearbeitet worden. Neben den onstruktiven Einzelheiten werden die theoretischen Grundgen und die wirtschaftlichen Gesichtspunkte stärker als üher betont. Im Abschnitt „Wagenkipper" vermißt an leider eine der neuesten Bauarten, den Aumundhen Scherenkipper, dessen Beschreibung wahrscheinlich s Zeitmangel unterblieben ist. Vielleicht läßt sich dies urch einen Nachtrag im zweiten Teil nachholen.
[E 139] Sd.

ie überwachungspflichtigen Anlagen in Preußen, 1. Bd.: Bestimmungen über Einrichtung und Betrieb der Aufzüge. Erl. von H. Jaeger. 3. Aufl. Bearb. von O. Ulrichs und F. Wolter. Berlin 1927, Carl Heymann. 124 S. Preis 6 ℳ.

Das Buch enthält das preußische Kostengesetz von 05 für die Prüfung überwachungspflichtiger Anlagen und e preußische Aufzugverordnung vom 8. September 1926, e auf Grund mehrjähriger Verhandlungen zwischen den ändern des Deutschen Reiches erlassen wurde. Der von n Ländern vereinbarte Entwurf einer Musterverordnung er die Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen wird leichfalls im Wortlaut mitgeteilt; in diesem wird, wie bei r Dampfkesselgesetzgebung, dem deutschen Aufzugaushuß die Aufgabe zugewiesen, technische Grundsätze für n Bau von Aufzügen auszuarbeiten, die durch Veröffentchung im Reichsanzeiger in Kraft treten. Die vom utschen Aufzugausschuß verfaßten technischen Grundtze nebst Erläuterungen sind ebenfalls im Anhang entalten. [E 125] Spr.

eitstudien bei Einzelfertigung. Von Dr. Hans Kummer. Berlin 1926, Julius Springer. 113 S. m. 41 Abb. Preis 9,60 ℳ.

Das Buch soll keine erschöpfende Behandlung des Getes geben; dazu sind viele Fragen noch zu wenig geklärt. er wesentliche Inhalt sind Beispiele, die der Praxis des erfassers in einem Werk mit 1500 Arbeitern entnommen nd. Aus diesen Beispielen sind Normalzeittafeln entwickelt, B. für die Arbeitsgänge: „Vorgegossene Bohrungen rehen" oder „Stirnfläche drehen". Der Verfasser ist sich ohl bewußt, daß diesen Tafeln Mängel anhaften, die durch e Art der Aufstellung (z. B. „probiert" er nur, die günigste Zusammensetzung der Maschinenwerte, Schnittgehwindigkeit, Vorschub usw., zu erreichen) infolge Fehlens nes Vergleichmaßstabes usw. verursacht sind.

Als Abhilfe schlägt der Verfasser die Schaffung einer telle beim Refa[1]) vor, der es obliegen soll, der Industrie Form von Tafeln Normzeiten anzugeben. Diese Zeiten llen in Gemeinschaftsarbeit der Firmen festgestellt erden. Man kann sich vorstellen, daß es möglich wäre, ewisse Normen für Griffelemente zu schaffen (als Lehrispiele hat der Refa solche bereits angegeben), aber ganze rbeitsgänge und Arbeitsstufen wird man kaum normen önnen. Grundsätzlich müßte man zwischen Zeiten unterheiden, die von der Veranlagung des Arbeiters beeinflußt erden (z. B. Zeichnung lesen) und solchen, die davon nicht rührt werden (Riemen umlegen). Diese könnte man noren, jene nicht.

Beim Zeichnunglesen spielt nicht nur der Arbeiter, ndern auch die Umgebung des Arbeitsplatzes, die Deutchkeit der Zeichnung und schließlich die Eigenart der rbeiterschaft der Gegend Deutschlands eine Rolle. In Instriegegenden ist diese Eigenart anders, als in Gegenden, o sich die Arbeiter auch als Landwirte betätigen, wie es B. in Schlesien der Fall ist. Normzeittafeln hätten also r einen durch diese Einflüsse bedingten Wert, müßten also rch besondere Ortzuschläge der Gegend angepaßt werden.

Obgleich man auch z. B. über die Zweckmäßigkeit des „Tafelfaktors" verschiedener Ansicht sein kann, ist das Buch als der Anfang einer Durchdringung der Zeitstudien bei Einzelfertigung wertvoll. Angenehm sind die deutlichen Diagramme. Auf S. 1 sind die Buchstaben A und B bei der Erklärung vertauscht. [E 112] Kronenberg

[1]) Reichsausschuß für Arbeitzeitermittlung.

Riduttori. Principii—Materiali—Calcolo—Esempi. Von Ottorino Pomini. Milano 1927, Ulrico Hoepli. 561 S. m. 388 Abb. Preis 58 L.

O. Pomini, Professor am Polytechnikum Mailand, Verfasser eines vierbändigen Werkes über Maschinenkonstruieren und Leiter einer Maschinenfabrik, hat durch Herausgabe dieses Werkes über Grundlagen, Werkstoffe und Berechnung von Zahnradumformern eine Lücke in der technischen Literatur auszufüllen gesucht. Fast die Hälfte des Werkes bilden Beispiele vielfach in der eigenen Firma ausgeführter Anlagen (mit werkstattmäßigen Zeichnungen), die für Fabrikbetriebe oder als Schiffsgetriebe ausgeführt wurden. Nicht berücksichtigt sind Zahnradgetriebe in Fahrzeugen oder Arbeitsmaschinen, ebensowenig sind die Herstellung und die Theorie der Verzahnung eingehender behandelt, während Festigkeits- und Werkstofffragen und zahlreiche allgemeine Betrachtungen den breitesten Raum einnehmen. Da die internationale Literatur gut berücksichtigt ist, so bietet das Werk schon als Stoffsammlung dem deutschen Konstrukteur, der es zu lesen versteht, mannigfache Anregungen.
[E 110] Kutzbach

Anleitung zu genauen technischen Temperaturmessungen. Von Osc. Knoblauch und K. Hencky. 2. Aufl. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 174 S. m. 74 Abb. Preis 12 ℳ.

Das verdienstvolle Buch hat seit seinem ersten Erscheinen im Jahre 1919 viel dazu beigetragen, in technischen Kreisen das Verständnis für die Schwierigkeiten genauer Temperaturmessungen zu erhöhen und den Weg zur kritischen Benutzung der Meßgeräte unter den oft schwierigen Beobachtungsbedingungen der Praxis zu bahnen. Der Grundgedanke, daß das Thermometer einen Fremdkörper im Temperaturfelde darstellt, hat weitgehende Anerkennung gefunden und seine Fruchtbarkeit bei theoretischen Erörterungen wie bei praktischen Messungen und der Konstruktion von Meßgeräten bewiesen.

In der vorliegenden zweiten Auflage hat das Werk eine ganze Reihe von wertvollen Ergänzungen und Verbesserungen erfahren, die zum großen Teil dadurch bedingt sind, daß für viele theoretisch berechnete Meßfehler jetzt Versuchswerte vorliegen, die meistens im Münchener Laboratorium für technische Physik gewonnen sind. Noch stärker als früher sind die grundsätzlichen Betrachtungen an die Spitze gestellt. So folgt auf Teil I: Die Gesetze der Wärmeübertragung und deren Anwendung in der praktischen Thermometrie, Teil II: Anwendungen der Thermometer in der Praxis, und dann erst Teil III: Beschreibung der Temperaturmeßgeräte.

Die neue Anordnung setzt voraus, daß der Benutzer des Buches im Grunde schon bis in alle Einzelheiten wohlvertraut mit den Meßgeräten ist, da ihm sonst die Erörterungen der ersten Teile unverständlich sind. Das Natürlichere wäre es wohl gewesen, die Beschreibung der Meßgeräte vorausgehen zu lassen. Neu hinzugefügt ist eine Besprechung der Strahlungspyrometer, da diese Meßgeräte in einer Anleitung zu technischen Temperaturmessungen heute nicht mehr fehlen dürfen. Indessen ist das hier Gegebene nur ein bescheidener Anfang; denn die Messungen der Temperatur mit Hilfe der Strahlung sind mindestens ebensoviel Fehlern ausgesetzt wie die mit Berührungsthermometern.
[E 126] Fr. Hoffmann

Die Sicherungsanlagen für den Zugverkehr auf den deutschen Bahnen. Von H. Möllering. Leipzig 1926, S. Hirzel. 554 S. mit 376 Abb. Preis 35 ℳ.

Man kann darüber verschiedener Ansicht sein, ob es notwendig ist, dem Studierenden oder dem in die Praxis eintretenden jungen Ingenieur ein so umfangreiches Werk wie das vorliegende in die Hand zu geben. Es kommt viel mehr auf die Beherrschung der Grundlagen der Sicherungseinrichtungen als auf die Kenntnis ihrer Bauarten an. Diese Fachkenntnis erlangt man am besten durch die Praxis.

Es ist verdienstlich von dem Verfasser, daß er eingehender auf die für den Fachmann so wichtigen Blockschaltungen eingeht, die vielleicht in andern Werken etwas zu kurz gekommen sind. Die Art der Darstellung ist gut

und flüssig, auch sind die Abbildungen deutlich und klar, wenn auch manchmal zu klein. Als Muster eines Schalterwerks, Abb. 296, wäre eine neuere Ausführung besser.

Der Neuzeit entsprechend sind die selbsttätigen Sicherungsanlagen, die Mittel zur Verhütung des Überfahrens der Haltsignale und die Lichttagessignale ausführlicher behandelt. Selbstverständlich ist es schwierig, das Neueste zu bringen. Vieles mutet daher bereits etwas historisch an, da die Entwicklung manches überholt hat. Leider sind auch kleine Irrtümer (Druckfehler) nicht ausgemerzt, die den elektrotechnisch nicht geschulten Leser leicht irreführen können. Dem Bauingenieur, für den das Werk hauptsächlich bestimmt ist, dürfte es überhaupt schwer fallen, sich in die selbsttätigen Sicherungsanlagen einzuarbeiten.

Trotzdem kann das Buch als Nachschlagewerk für den Fachmann empfohlen werden, wenn auch der hohe Preis zu bedauern ist. [E 111] Dipl.-Ing. Carl Wolff

75 Jahre Lübeck-Büchener Eisenbahn. Selbstverlag 1926. 20 S. m. zahlr. Abb. u. 1 Taf.

Die Entwicklung seit dem 15. Oktober 1851, wo der erste Eisenbahnzug von Lübeck nach Büchen fuhr, bis zur Jetztzeit, wo diese Eisenbahngesellschaft über 80 Lokomotiven, 300 Personenwagen, 40 Gepäckwagen und 1200 Güterwagen verfügt und das Streckennetz auf 161 km angewachsen ist, wird beschrieben.

Das Polarisationsmikroskop. Von H. Ambronn und A. Frey. Leipzig 1926, Akademische Verlagsgesellschaft. 194 S. m. 48 Abb. Preis 13,80 *M*.

Die Arbeit soll in erster Hinsicht einen Weg für die Untersuchung von Kolloiden zeigen, der bisher nur wenig beschritten worden ist, auf dem aber aller Wahrscheinlichkeit nach viele Erfahrungen gewonnen werden können. Es handelt sich dabei um die Feststellung des Aufbaues von Teilchen, der mit gewöhnlichen Mikroskopen nicht mehr erkannt werden kann. Hierzu wird die Doppelbrechung der Teilchen festgestellt. Man unterscheidet zwischen Form- und Eigendoppelbrechung, außerdem tritt bei Verformungen noch eine zusätzliche Spannungsdoppelbrechung auf. Diese Untersuchungen sind, abgesehen von wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Kolloidchemie, besonders für die Werkstoffkunde (Farbstoffkunde, Färberei usw.) wichtig.

Im ersten Teile des vorliegenden Werkes werden die Untersuchungsmethoden, im zweiten die Doppelbrechungserscheinungen in dispersen Systemen und im dritten die optischen Untersuchungsmethoden zur Erschließung des submikroskopischen Feinbaues disperser Systeme behandelt.
[E 108] Schm.

Handbuch der Farben- und Lackindustrie. Berlin 1927, Verlag f. Börsen- u. Fachliteratur. 1. Bd.: 180 S. m. Bezugsquellen-Verzeichnis. 2. Bd. Großhandel. 248 S. Preis 1. u. 2. Bd. 17 *M*.

Die Umschichtung in der deutschen Wirtschaft hat auch die Farben- und Lackindustrie in den letzten Jahren betroffen. Das vom Verband Deutscher Lackfabrikanten und vom Verband Deutscher Farbenfabriken herausgegebene Handbuch enthält zunächst zwei Aufsätze über die deutsche Farbenindustrie und über die Entwicklung der deutschen Lackindustrie. Die deutschen Farben- und Lackfabriken werden nach Städten geordnet in ausführlicher Darstellung mit allen für den Geschäftsverkehr wesentlichen Angaben aufgeführt. In ähnlicher Ausführlichkeit werden in einem besonderen Teil die Großhändler der deutschen Farben- und Lackindustrie behandelt, in erster Linie solche, die dem Reichsverband des Lack- und Farbenfaches angeschlossen sind. Da die Erzeugnisse der Farbenindustrie meist nur unter dem Fantasienamen der Firmen bekannt sind, so ist das ausführliche Verzeichnis der Wortzeichen für den Interessenten sehr wesentlich, da es nach den eigenen Angaben der Firmen zusammengestellt ist und Händler für jedes gesuchte Erzeugnis enthält.

Technisches Taschen-Wörterbuch in russischer und deutscher Sprache. Herausg. von S. I. Lavroff. 1. T.: Deutsch-Russisch. 2. T.: Russisch-Deutsch. Berlin 1926, Georg Siemens. 304 S. Preis 7,50 *M*.

Das Wörterbuch enthält in einem Bande den deutsch-russischen und russisch-deutschen Teil einer Sammlung gebräuchlicher Ausdrücke des Maschinen- und Kraftwagenbaues, der Luftfahrt und der Elektrotechnik unter Berücksichtigung der drahtlosen Telegraphie und des Rundfunks. Die Sammlung der Ausdrücke, die wegen des geringen Umfanges naturgemäß keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, enthält bei teilweise geschickter Auswahl doch viele Ausdrücke, an deren Stelle man für den täglichen Verkehr wichtigere gewünscht hätte. Dies ist aber meistens bei kleinen Wörterbüchern der Fall, die zu weite Fachgebiete umfassen wollen. Da das Büchlein als Taschenwörterbuch gedacht ist, wird es nach Rußland reisenden Monteuren und Ingenieuren als Behelf von Wert sein.

Ein Anhang, der die in Rußland üblichen Abkürzungen für die Bezeichnung von technischen, industriellen und volkswirtschaftlichen Institutionen und Unternehmungen usw. enthält, ist dankenswert und aufklärend.
[E 83] —n—

Neue Industriebauten des Siemens-Konzerns. Von Hans Hertlein. Berlin 1927, Ernst Wasmuth A.-G. 87 S. m. zahlr. Abb. Preis 15 *M*.

The Invention of printing in China. Von Thomas Francis Carter. New York 1925, Columbia University Press. 282 S. Preis 7,50 $.

Der Werdegang der Entdeckungen und Erfindungen, 8. H.: **Bergbau.** Von H. Arlt. Berlin und München 1927, R. Oldenbourg. 74 S. m. 21 Abb. Preis 3 *M*.

Edison. Der Mann und sein Werk. Von George S. Bryan. Übers. von Karl Otten. Leipzig 1927, Paul List-Verlag. 300 S. m. versch. Abb. Preis 9 *M*.

Lebenslinien. Eine Selbstbiographie von Wilhelm Ostwald. 2. T.: Leipzig 1887 bis 1905. Berlin 1927, Klasing & Co. 444 S. m. Abb. Preis 10,50 *M*.

Die deutsche Wirtschaft und ihre Führer 9. Bd.: **Die oberschlesische Montanindustrie.** Von Bruno Knochenhauer. Gotha 1927, Flamberg Verlag. 152 S. Preis 6 *M*.

Die Kalkindustrie im Rahmen der Volkswirtschaft. Von Hartwig Schlüter. 2. Aufl. Berlin 1924, Verlag des Vereines Deutscher Kalkwerke. 24 S. Preis 0,80 *M*.

Beiträge zur Geschichte des Schiffbaus, des Hafens und der Schiffahrt von Danzig. Danzig 1926, Danziger Verlags-Gesellschaft (Paul Rosenberg). 75 S. m. Abb. Preis 2,50 *M*.

Merkblätter für Berufsberatung. F. 1: **Der Ingenieur.** Von C. Matschoß. 6 S. Preis 0,40 *M*. F. 5: **Der Maschineningenieur.** Von Alwin Nachtweh. 6 S. Preis 0,40 *M*. Berlin 1927, Trowitzsch & Sohn.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

3D. 71 SONNABEND, 9. APRIL 1927 NR. 15

Das Hauptwehr der Wasserkraftanlage Zemo-Awtschaly bei Tiflis

Von Reg.-Baumeister a. D. Harupa, Siemens-Bauunion, G. m. b. H., Komm.-Ges., Berlin-Siemensstadt

Ende Oktober 1926 ist das Hauptwehr der Wasserkraftanlage Zemo-Awtschaly in Betrieb genommen worden. Dieses Bauwerk ist bemerkenswert, weil es durch den Umfang und die Schwierigkeiten seiner Arbeiten zu den größten Wehrbauten gehört, die bis jetzt in Rußland ausgeführt sind, und weil es der erste Großtiefbau ist, der nach dem Kriege und nach den sich daran anschließenden politischen Unruhen von einer ausländischen Firma in Rußland ausgeführt worden ist.

Die Ausführung eines großen Baues in einem Lande wie Transkaukasien, das an der Grenze von Europa und Asien liegt und in dem man nicht über die Hilfsnittel verfügt, die die entwickelte Industrie der westlichen ,änder Europas bietet, und in dem man auch nur zum geingen Teil eine geschulte Arbeiterschaft vorfindet, stellt anz andere Anforderungen, als beispielsweise die Ausührung eines solchen Baues in Deutschland. Man ist ezwungen, vorausschauend alle Maschinen, Geräte und Baustoffe zu beschaffen, man muß sich in vielen Fällen rährend der Ausführung umstellen und hat sich vor allen Dingen Land und Leuten anzupassen, wenn man einen olchen Bau erfolgreich durchführen will.

Die Wasserkraftanlage Zemo-Awtschaly soll zur Versorgung der Stadt Tiflis mit elektrischer Energie ienen, Abb. 1. Tiflis ist die Hauptstadt der Sowjet-Republik Georgien, die ein Glied des Bundes der Sowjet-Republiken Transkaukasiens ist, und dieser gehört wieder u dem großen Bund der Sowjet-Republiken Rußlands. Tiflis ist gleichzeitig der wirtschaftliche Mittelpunkt von anz Transkaukasien und zählt jetzt etwa 300 000 Einvohner.

Gesamtanordnung der Wasserkraftanlage und allgemeine Verhältnisse

Tiflis wurde bisher von 44 kleinen Wärmekraftverken mit elektrischer Energie versorgt, die etwa 9500 PS erzeugten. Diese Werke sind seit langer Zeit im Betrieb, ohne daß die Maschinen eingehend überholt wurlen. Ihre Leistung ist daher so heruntergegangen, daß die Versorgung der Stadt mit Strom gefährdet ist. Außerlem ist der Strompreis infolge des unwirtschaftlichen Arbeitens dieser kleinen Kraftwerke außerordentlich hoch, so daß er zur Zeit 20 Kopeken/kWh für Arbeiter, 35 Kopeken/kWh für Angestellte und 70 Kopeken/kWh für Geschäfte beträgt (1 Kopeke = 1,85 ₰ Nennwert).

Um diese unhaltbaren Zustände der Stromversorgung zu beseitigen, entschloß man sich eine Wasserkraftanlage zu bauen, die die Wasserkräfte der Kura unmittelbar

Abb. 1
Übersichtsplan der Wasserkraftanlage Zemo-Awtschaly im Kaukasus

Abb. 2
Wasserführung der Kura und Abhängigkeit der Leistung von den Wassermengen

unterhalb der Einmündung des Nebenflusses Aragwa ausnutzen soll, Abb. 1. Die Kura, der Hauptfluß von Georgien, entspringt in den niederschlagreichen westlichen Randgebirgen des armenischen Hochlandes und nimmt auf seinem östlichen Lauf die Zuflüsse der Schneeberge des Zentralkaukasus auf. Bis Tiflis ist sie nur ein floßbarer Gebirgsfluß. Der Hauptzufluß ist die Aragwa. Das Niederschlagsgebiet für die Wasserkraftanlage ist 20 476 km² groß, davon sind 86,5 vH Kuragebiet und 13,5 vH Aragwagebiet. Bei Tiflis führt die Kura nach langjährigen Beobachtungen bei Niedrigwasser 50 m³/s, Mittelwasser 100 bis 200 m³/s, Hochwasser 400 bis 800 m³/s und bei Katastrophenhochwasser 1200 m³/s, Abb. 2.

Die Kura führt Hochwasser in den Monaten März bis Juli und Niedrigwasser vom Juli bis März, Abb. 2. Die Niedrigwasserzeit, die für den Wehrbau in Betracht kam, wird während der Herbstregen, in der Zeit vom September bis November, durch kleinere Hochwasserwellen unterbrochen, die im allgemeinen 300 m³/s nicht übersteigen, jedoch in den letzten Jahren zweimal mehr als 500 m³/s erreicht haben. Darunter war einmal ein Katastrophenhochwasser von über 1000 m³/s. Dadurch entstand eine gewisse Unruhe, da ein solches Hochwasser den Bau des Wehres gefährdete.

Die gesamte Wasserkraftanlage Zemo-Awtschaly besteht aus einer Stauanlage mit einem Wehr in der Kura, einem Grundablaß für die Abführung von 400 m³/s und einem Einlaufwerk mit Grobrechen und Sandablaß, Abb. 3. Durch die Stauanlage wird ein Speicher für Tagesausgleich von 2 km² Fläche und 3 Mill. m³ Nutzinhalt gebildet. Von der Stauanlage leitet ein Kanal von 3,5 km Länge, der für eine Wasserführung von 160 m³/s ausgebaut ist und mit Beton ausgekleidet wird, das Wasser zum Wasserschloß, Abb. 1. Die Einflußöffnungen zu den Druckrohren, die aus genieteten Stahlrohren von 3,7 m Durchmesser bestehen, sind durch Feinrechen und Schützen von 6,25 × 4,8 m² verschlossen. Außerdem befindet sich dort eine Anlage zur Spülung. Das Krafthaus liegt unmittelbar an der Kura. Der Fußboden des Maschinenraumes befindet sich rd. 2,20 m über dem höchsten Wasserstand der Kura. Die Ausflußöffnungen der Turbinen liegen im Mittel 1 m unter Flussohle.

Die Gesamtwasserkraftanlage ist für einen Ausbau von 36 000 PS vorgesehen, für den ersten Ausbau wird aber lediglich der tiefbauliche Teil in vollem Umfang ausgeführt, während das Krafthaus und die maschinellen Einrichtungen nur für 18 000 PS ausgebaut werden.

Diese 18 000 PS werden durch vier Maschinensätze erzeugt, die je aus einer Francisturbine mit stehender Welle und unmittelbar gekuppeltem Stromerzeuger bestehen. Jede Turbine leistet bei 18 m³/s Wasserverbrauch, einem mittleren Gefälle von 19,8 m und einer Drehzahl von 214 Uml./min 4500 PS. Zur selbsttätigen Regelung der Umlaufzahlen der Turbinen ist ein hydraulischer Regler vorgesehen. Gleichzeitig kann auch von Hand geregelt werden. Die Stromerzeuger liefern Drehstrom von 4000 kVA bei 6400 V Spannung und einem Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0{,}75$.

Sie sind mit dem Schalthaus durch Panzerkabel für 10 000 V Spannung verbunden, und zwar werden für jeden Maschinensatz zwei Kabel von je 3 × 95 mm² Querschnitt verlegt. In dem Schalt- und Umformerhaus wird die Spannung durch drei Transformatoren mit Ölluftkühlung erhöht. Diese leisten je 4000 kVA bei 6400/37 000 V Spannung. Der hochgespannte Strom wird durch eine Freileitung mit Leitungen von 3 × 25 mm² Querschnitt nach Tiflis geführt. Beide Leitungen sind auf eisernen Gittermasten verlegt. In Tiflis wird der Strom in den Hauptumspannwerken auf 6600 V herabgesetzt und durch unterirdische Kabel zu den Verteiltransformatoren geleitet, die den Verbraucherstrom von 210/120 V liefern.

Unter Zugrundelegung einer Ausbausumme von 15 700 000 Rubel (Tscherwonez) sollen sich nach den Berechnungen der Bauverwaltung des Bauausschusses die Selbstkosten bis zu den Sammelschienen der Umspannwerke auf 2,75 Kop./kWh belaufen. Beim Vollausbau hofft man zu einer weiteren Verbilligung des Stromes zu kommen.

Für die Ausführung der Arbeiten wurde von der Stadtverwaltung Tiflis ein Bauausschuß eingesetzt, der für die Abwicklung der Geschäfte eine eigene Bauverwaltung unter einem Baudirektor eingerichtet hat. Ursprünglich hat der Bauausschuß beabsichtigt, die Arbeiten auf Grund einer Ausschreibung einem ausländischen Unternehmer zu übertragen. Aus innerwirtschaftlichen Gründen wurde jedoch die maschinelle und elektrische Ausrüstung den russischen Trusts übertragen, obgleich deren Preise wesentlich höher waren als die Angebote des Auslandes. Von den Trusts wurden dann drei Turbinen an Fr. Neumeyer, A.-G., weitergegeben, während die vierte Turbine des ersten Ausbaues nach den Entwürfen von Fr. Neumeyer, A.-G., in Rußland gebaut wurde. Einige elektrische Signaleinrichtungen wurden von Siemens & Halske, A.-G., geliefert. Die Bauarbeiten selbst wurden in eigener Regie ausgeführt. Sie begannen mit der Grundsteinlegung 1922.

Ursprünglich war die Ausführung der Arbeiten im reinen Tagelohn gedacht. Wegen der geringen Leistung der Arbeiter ging man zu Akkordarbeiten über. Diese Vergebung der Arbeiten in Akkord ist so allgemein geworden, daß man jede Arbeit, die nur einigermaßen in Akkord ausgeführt werden kann, auch so ausführen läßt. Dies wird auch selbst von den Arbeitern gewünscht, da sie auf diese Weise die Möglichkeit haben, länger zu arbeiten und mehr zu verdienen. So kann z. B. ein Schwarzarbeiter (diese Bezeichnung entspricht unserem Begriff ungelernter Arbeiter) in achtstündiger Arbeitzeit etwa 1 bis 1,50 Rubel verdienen, während er bei Akkordarbeit, allerdings bei zwölfstündiger Arbeitzeit, auf 2 bis 3 Rubel am Tage kommt (1 R. = 1,85 RM. Nennwert).

Die Akkordarbeiten werden teils an Unternehmer, teils an Artelle (s. unten) und Arbeitergruppen vergeben.

Unter Unternehmer darf man sich aber nicht Unternehmer in unserem Sinne vorstellen, sondern es sind Leute, die lediglich die Arbeitskraft beschaffen. Sie haben kein Gerät. Alle Baueinrichtungen werden vom Bauherrn geliefert. Sie tragen auch keine technische Verantwortung, sondern leisten nur Erdarbeiten u. a. Die technische Überwachung liegt in Händen der zahlreichen technischen Angestellten, die die Maße abstecken und die Aufmaße angeben. Artelle sind größere Arbeitergruppen, die ähnlich wie Unternehmer Aufträge übernehmen, aber als Arbeiter gelten und den Schutz des Arbeiterkomitees und der Arbeitergesetzgebung genießen.

Die Arbeiter werden auf der Baustelle durch ein Arbeiterkomitee vertreten, das in öffentlicher Versammlung durch Zuruf auf Grund von Vorschlägen gewählt wird und die Durchführung der Arbeiterschutzgesetze auf der Baustelle zu überwachen hat. Der Einfluß des Baukomitees ist außerordentlich groß.

Für die Ausführung der Arbeiten wurde von der Bauverwaltung eine große Barackenstadt mitten in der Einöde geschaffen, die mit ihrem Krankenhaus, Warenhaus (Kooperativ), ihrer Badeanstalt, Bäckerei, Speiseanstalt, Klubhaus, Werkstatt, Baukraftanlage und den Verwaltungsgebäuden, eine für georgische Verhältnisse großartige Anlage bildet.

Bau des Hauptwehres

Im Gegensatz zu den Ausführungen der übrigen Arbeiten, die in eigener Regie ausgeführt worden sind, entschloß sich die Bauverwaltung, für die Ausführung des Hauptwehres, Abb. 3 und 4, eine engere Ausschreibung unter mehreren ausländischen Firmen, darunter drei deutschen, zu veranstalten. Die Gründe hierzu lagen darin, daß einmal für die Ausführung eines derartig großen und schwierigen Bauwerkes in ganz Rußland keine genügenden Erfahrungen vorlagen und daß die erst nach Beginn der Bauarbeiten vorgenommenen Untersuchungsbohrungen an der Stelle des Hauptwehres zeigten, daß der tragfähige Fels mehr als 10 m unter der Flußsohle lag.

Es ist ein großes Verdienst der leitenden Herren er Bauverwaltung, daß sie sich trotz der großen entgegenehenden Schwierigkeiten tatkräftig dafür eingesetzt aben, daß die Arbeiten am Hauptwehr einer ausländischen Firma übertragen wurden. Als Ergebnis dieser usschreibung wurde die Siemens-Bauunion, . m. b. H., Kom.-Ges., Berlin-Siemensstadt, beauftragt, as Hauptwehr auszuführen.

Ausführung der Fangdämme

Ursprünglich hatte die Bauverwaltung gedacht, das lauptwehr der Wasserkraftanlage in einer Niedrigasserperiode auszuführen. Sie hatte zu diesem Zweck inen Durchstich durch die vorspringende Felsnase neben er Wehrbaustelle in Angriff genommen, Abb. 3, der ährend des Baues des Wehres die Kura umleiten und päter als Grundablaß zu der Stauanlage dienen sollte.)ie Lage dieses Durchstiches war für die Wahl der Lage er Fangdämme, Abb. 5, bestimmend.

Der Umfang der Arbeiten zeigte gleichzeitig, daß es nmöglich war, das gesamte Wehr in einer Niedrigwassereriode auszuführen. Hinzu kam, daß der Durchstich elbst infolge Schwierigkeiten in der Ausführung und Baustofflieferung nicht zu dem festesetzten Zeitpunkt am 15. Juli (Beginn er Niedrigwasserzeit) von der Bauverwalung fertiggestellt werden konnte. Es mußte lso für die Ausführung des Wehres eine weite Niedrigwasserzeit vorgesehen weren. Dies brachte für die Herstellung der 'angdämme die Erschwernis, daß sie die iber sie weggehenden Hochwasser einer Iochwasserzeit aushalten mußten. Die Formen des erbohrten Profils an der Wehrbaustelle ließen es von vornherein als unzweckmäßig erscheinen, die Ausführung des Wehres in zwei Abschnitten vorzusehen; es wurde vielmehr der Entschluß gefaßt, die ganze Wehrbaugrube mittels quer durch die ganze Kura gehender Fangdämme abzuschließen.

Die Lage des unteren Fangdammes war durch die Ausmündung des Durchstiches gegeben. Der obere Fangdamm konnte entweder unmittelbar vor das Bauwerk oder etwas entfernt von dem Bauwerk unmittelbar unterhalb vom Einlauf des Durchstiches gelegt werden. Obgleich der Fangdamm hierbei etwa dreimal so lang wurde wie unmittelbar vor dem Wehr und obgleich mit ihm eine größere Baugrube abgeschlossen wurde, entschloß man sich für diese Ausführung, weil man dadurch schon mit den Arbeiten anfangen konnte, bevor der Durchstich in der Kura fertiggestellt war, und weil es hier möglich war, den Fangdamm durchweg auf den Felsen zu gründen und dadurch einen sicheren Abschluß der Baugrube zu erreichen.

Als Ausführungsart wurde für den oberstromseitigen Fangdamm ein Steindamm mit Betonkern gewählt, Abb. 6 und 7, dessen Oberfläche mit Zementmörtel ver-

Abb. 3
Wehranlage, Durchstich und Kanaleinlauf

Abb. 4
Querschnitt durch das Hauptwehr (links)

Abb. 5. Baustelleneinrichtung

gossen wurde und der auf seiner Unterstromseite einen Schußboden erhielt. Für den unteren Fangdamm wurde ebenfalls ein Steindamm vorgesehen, der gegen die Wehrbaugrube durch eine Spundwand mit Lehmhinterfüllung und gegen das Unterwasser durch eine Lehmanschüttung abgedichtet wurde.

Es gelang, bis zum Öffnen des Durchstiches die Fangdämme bis auf die im Niedrigwasserbett der Kura gelegenen Teile fertigzustellen, so daß nach dem Öffnen nur die Fangdämme im Niedrigwasserbett zu bauen waren. Der Bau dieser Teile der Fangdämme wurde erschwert, weil er in die Winterzeit fiel und gerade der Winter, in dem sie gebaut wurden, für georgische Verhältnisse außerordentlich streng war. Er brachte einen seit 30 Jahren im Kaukasus nicht gekannten Frost von 20 °C und reiche Schneeniederschläge. Das Eis in der Baugrube erreichte bis 60 cm Dicke.

Bei der Ausführung im Niedrigwasserbett der Kura wurden zunächst von Schüttgerüsten aus Steindämme durch die Kura geschüttet, Abb. 8. Diese Dämme wurden durch Vorschütten von feinem Baustoff und Lehmboden gedichtet. Im Schutze dieser Steindämme wurde dann am oberen Fangdamm ein hölzerner Kastenfangdamm gebaut; außerdem wurde die Baugrube für den Betonkern des oberen Fangdammes gegen die übrige Baugrube durch einen Erddamm abgeschlossen, Abb. 7. Die so geschaffene Baugrube wurde dann noch durch kleine Kastenfangdämme unterteilt. Durch diese Unterteilung gelang es, den Betonkern für den oberen Fangdamm in drei Abschnitten im Trocknen auf den Fels zu gründen. Lediglich die Pumpensümpfe wurden mittels Trichter unter Wasser zubetoniert, Abb. 9 und 10.

Am unteren Fangdamm wurde von dem Schüttgerüst aus nach der Baugrube zu eine hölzerne Spundwand geschlagen, die gegen das eingeschüttete Schüttgerüst verankert wurde. Der Raum zwischen Spundwand und Steindamm wurde dann mit Lehm ausgefüllt, die Decke mit Steinpackung abgedeckt und mit einem Bohlenbelag gegen die Spülwirkung des Wassers gesichert. Auf dem untern Fangdamm wurde dann noch eine Hochwasserbrücke errichtet, um während der Hochwasserzeit eine Verbindung zwischen den beiden Ufern zu haben, Abb. 11.

Trotz großer Schwierigkeiten in der Baustoff- und Gerätelieferung, trotz der Verzögerung des Durchstiches, der erst am 15. November geöffnet wurde, und trotz des außergewöhnlich strengen Winters gelang es, den Bau der Fangdämme bis zum Eintritt der Hochwasserzeit fertigzustellen.

Rechtzeitig vor Eintritt des Hochwassers wurde die Baustelle geräumt. Es gelang, alle Geräte und Baustoffe zu bergen. Während der Hochwasserzeit wurden die Fangdämme überflutet und das Hochwasser der Kura, das über 800 m³/s erreichte, sowohl durch den Durchstich wie auch über die Wehrbaustelle abgeführt, Abb. 11. Nach Ablauf des Hochwassers zeigte es sich, daß die für die Fangdämme vorgesehene Bauart zweckmäßig und den Beanspruchungen des Hochwassers gut gewachsen war. Der schwierigste und wichtigste Teil für die Errichtung des Hauptwehres war damit geleistet.

Bau des eigentlichen Hauptwehres

Die Hochwasserzeit, die sich an den Bau der Fangdämme anschloß, diente hauptsächlich dazu, die Bauzeichnungen für das Wehr selbst fertigzustellen.

Das Hauptwehr selbst besteht aus einem festen Wehrrücken von 10 m Höhe, Abb. 4, mit den sich darüber erhebenden drei Schützenöffnungen von 13 × 7 m² Querschnitt, Abb. 20. Am linken Ufer schließt sich an die Wehröffnungen eine Eisklappe von 13 × 0,5 m² Querschnitt an, während am rechten Ufer eine Saugheberbatterie von fünf Heynschen Saughebern von je 1,2 × 2 m² Querschnitt und eine Denilsche Fischleiter vorgesehen sind, Abb. 3, 12 und 13.

An das Wehr schließt sich ein Tosbecken an. Da eine geeignete Form für das Tosbecken auf Grund theoretischer Erwägungen nicht gefunden werden konnte, erhielt Professor Ludin von der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg, der im Auftrage des Baukomitees ein Gutachten über die ganze Wasserkraftanlage abgegeben hatte, den Auftrag, im Flußbaulaboratorium Modellversuche durchzuführen. Infolge der weiten Entfernung zwischen Berlin und Tiflis wurden diese Modellversuche jedoch nicht rechtzeitig fertig. Daher wurden im Einverständnis mit der Bauverwaltung von der bauausführenden Firma auf der Baustelle selbst Modellversuche durchgeführt, wobei die Veröffentlichung von Geh.-Rat Rehbock und der „Mittleren Isar", A.-G., benutzt wurden.

Es wurde zu diesem Zweck eine hölzerne Modellrinne hergestellt und in einem einfachen Bretterschuppen untergebracht. Am Fußende der Rinne war in den Boden ein Wasserbehälter als Pumpensumpf eingegraben. Aus diesem förderte eine Kreiselpumpe von 152 mm Rohrdurchmesser das Wasser nach dem oberen Ende der Rinne. Es gelang so, die Rinne mit billigen Mitteln zu betreiben. Um eine geeignete Wehrform zu finden, war es notwendig, eine große Anzahl Modelle zu untersuchen; diese

Abb. 6
Querschnitt in der Kura

Abb. 7
Querschnitt auf der Kiesbank

Abb. 6 und 7. Oberer Fangdamm

Abb. 8
Blick auf den unteren Fangdamm und den Durchstich vom rechten Ufer aus

Abb. 11
Gesamtansicht der überfluteten Baugrube mit Hochwasserbrücke über dem unteren Fangdamm

führten zu dem Ergebnis, daß es zweckmäßig war, einen tiefen Kolk für das Tosbecken zu wählen. Die Tiefe des Kolkes war besonders dadurch bedingt, daß man in der Länge des Tosbeckens durch die Ausmündung des Durchstiches beschränkt war. Die gewählte Form des Tosbeckens paßte sich dem gefundenen Felsuntergrunde gut an, Abb. 4.

Die Hochwasserzeit wurde ferner benutzt, um alle Vorbereitungen zu treffen, die notwendig waren, das Wehr in der nächsten Niedrigwasserzeit fertigzustellen. Da die auszuführenden Arbeiten sehr umfangreich waren, war es erforderlich, umfangreiche maschinelle und bauliche Einrichtungen zu schaffen, Abb. 5. Es wurden zwei Kabelkrane, zwei Greifbagger, vier Schrägaufzüge, zwei Wippkrane, eine Zementzufuhrbrücke und reichliche Zufuhrgleise vorgesehen. Ein Teil der maschinellen Einrichtungen wurde hierbei aus Deutschland beschafft, und zwar u. a. zwei Vierseilgreifer, zwei Aufzugwinden, zwei Wippkrane, Zementpreßkessel und Torkretapparate.

Kura
Erdschüttung
Steindamm
Pumpe
großer Kastenfangdamm
kleine Kastenfangdämme
Stulpwand
Betonkern, fertig
Pumpensumpf
im Bau
Sickerwasser
Wehrbaugrube

Abb. 9
erster Bauabschnitt

Kura
Erdschüttung
Steindamm
Pumpensumpf
Betonkern, fertig
im Bau
Pumpe
Pumpensumpf

Abb. 10
zweiter Bauabschnitt

Abb. 9 und 10. Oberer Fangdamm

Abb. 13
Denilscher Fischpaß

Abb. 12
Heynscher Saugheber

Besondere Aufmerksamkeit wurde darauf gerichtet, die Wege so zu wählen, daß sich die Abfuhr der Aushubmassen mit der Zufuhr der Baustoffe für die Beton- und Schalungsarbeiten nicht kreuzte. Dies wurde erreicht, indem grundsätzlich die Aushubmassen nach Oberstrom und Unterstrom abgeführt wurden, während die Baustoffe (Zement, Kies, Holz) von den beiden Ufern herangeführt wurden.

Für die Ausführung war folgender Arbeitsgang vorbereitet: Zunächst sollte in Schlitzform vor dem unteren Fangdamm eine Herdmauer von 4 m Dicke, die auf den Felsen herabgeführt wurde, quer durch die Kura gebaut werden und einen sicheren Abschluß der Baugrube gegen das Unterwasser bilden. Diese Herdmauer sollte nach ihrer Fertigstellung den Unterbau für das Gerüst der Greifbagger bilden, die die Aushubmassen aus der tiefsten Baugrube auf die Höhe des unteren Fangdammes zur Abfuhr in das Unterwasserbett der Kura heben sollten. Gleichzeitig mit diesen Arbeiten ging der Plan, den Aushub so zu fördern, daß es möglich war, auch an der Vorderseite des Wehres eine starke Herdmauer zu errichten. Beide Herdmauern hatten den Zweck, zu verhindern, daß bei Eintritt eines Herbsthochwassers Kies und Sand in die eigentliche Wehrbaugrube hineingespült würden.

Für die Ausführung der Betonarbeiten wurde der gesamte Wehrkörper in große Blöcke eingeteilt, die gegeneinander versetzt und miteinander verzahnt wurden. Diese Einteilung in Blöcke gestattete, an jede Stelle, wo mit dem Aushubfortschritt die Felssohle freigelegt wurde, einen Betonblock hinzusetzen. Es wurde hierdurch möglich, die Betonarbeiten teils gleichzeitig, teils unmittelbar hinter den Aushubarbeiten durchzuführen. Die Vorbereitungsarbeiten und die geplanten Bauausführungen haben sich bei der Ausführung gut bewährt.

Um bei der Durchführung der Arbeiten die Sicherheit zu haben, auch wirklich innerhalb der nächsten Niedrigwasserzeit mit der Errichtung des Wehres fertig zu werden, wurde beschlossen, zur Gewinnung von Bauzeit möglichst schon vor Ablauf der Hochwasserzeit die Baugrube leer zu pumpen. Damit nun nicht eine kleine Hochwasserwelle, wie sie öfter am Schluß der Hochwasserzeit aufzutreten pflegt, die Arbeiten störte, wurde der untere Fangdamm durch eine mit Lehm hinterfüllte Stülpwand noch etwa 1 m erhöht. Ferner wurde der durch das Hochwasser weggespülte Damm durch eine neue kräftige Lehmschüttung ersetzt. Während des ersten Bauabschnittes hatte es sich gezeigt, daß sich bei nur geringem Steigen der Kura durch den Durchstich ein starker Strom entwickelte, der durch seine Spülwirkung die Dichtung des unteren Fangdammes dauernd wegspülte. Um gegen diese Spülwirkung einen Schutz zu haben, wurde von den aus den Felsarbeiten an den Seitenhängen gewonnenen Steinen unterhalb des unteren Fangdammes ein Schutzdamm geschüttet. Nach diesen Vorbereitungen gelang es, die Baugrube so schnell leer zu pumpen, daß sie trotz ihrer Größe innerhalb 24 Stunden trocken war, Abb. 14 und 15.

Während der Hochwasserzeit hatten sich erhebliche Sinkstoffe in der Baugrube abgelagert. Das Aufmaß ergab eine Ablagerung von etwa 3300 m³. Auch vor dem oberen Fangdamm wurde durch das Hochwasser eine starke Auflagerung hervorgerufen. Sie erreichte im allgemeinen 2 m Höhe.

Die Arbeiten wurden nach Trockenlegung der Baugrube entsprechend dem Bauplan in Angriff genommen und konnten dank der getroffenen Maßnahmen gut gefördert werden. Schon 14 Tage nach dem Wiederbeginn der Bauarbeiten konnten die Betonarbeiten an der Herdmauer vor dem unteren Fangdamm beginnen. Sie wurden in vier Wochen fertiggestellt. Die übrigen Aushubarbeiten wurden anfangs mit Lokomotivbetrieb gefördert. Hierzu war die große Ausdehnung der Baugrube außerordentlich günstig, Abb. 15. Sobald sich bei größerer Tiefe der Lokomotivbetrieb als unwirtschaftlich erwies, traten an seine Stelle gegen Oberwasser zu die Schrägaufzüge, nach dem Unterwasser zu die beiden Vierseilgreifer. Der Aushub des kiesigen Grundes gestaltete sich außerordentlich schwierig, weil in den tieferen Lagen in den

Abb. 14
Unterer Fangdamm mit Stülpwand und Schutzsteindamm

Abb. 15
Die trocken gelegte Baugrube

Abb. 16
Blick in die Baugrube gegen die Herdmauer

Abb. 17
Blick gegen die untere Herdmauer

Abb. 18
Wehrbaugrube von der Höhe des rechten Ufers aus gesehen

Kies große Blöcke eingelagert waren, die gesprengt werden mußten.

Der Fels lag an der tiefsten Stelle noch erheblich tiefer als die Schürfungsbohrungen gezeigt hatten, und zwar wurde die tiefste Stelle der Felssohle 16 m unter Flußsohle angetroffen, Abb. 16.

Durch die Aushubarbeiten wurden außerordentlich bemerkenswerte Auswaschungen der Felssohle mit riesigen Strudellöchern aufgedeckt. Diese bildeten gleichzeitig eine recht gute Verzahnung für den Beton des Wehrkörpers auf dem Gründungsfelsen.

Um möglichst noch vor Eintritt der Herbsthochwasser die Gründung des Wehres einzubringen, wurden die Aushub- und Felsarbeiten mit allen Mitteln beschleunigt. Es gelang, sie in der Hauptsache innerhalb von zwei Monaten durchzuführen, so daß dann die Betonarbeiten in vollem Umfang einsetzen konnten. Auch diese wurden möglichst beschleunigt, wobei sich die schon früher erwähnte Auflösung des Wehrkörpers in einzelne Blöcke gut bewährte, Abb. 17. Da die vorhandenen Betonmischmaschinen für die zu leistenden Massen nicht ausreichten, wurde ein großer Teil des Betons in Handmischung hergestellt. Es gelang, durch möglichst weites Auseinanderlegen der Betonerzeugung Tagesleistungen bis zu 700 m³ in 24 h zu erreichen. Der Erfolg dieses raschen Arbeitsfortschrittes war, daß die Gründung des Wehres vor Eintritt der Herbstregenzeit fertig betoniert war, Abb. 18.

Um dem Schwinden der großen Betonmassen möglichst Rechnung zu tragen, wurden in dem aufgehenden Mauerwerk des Wehrrückens zwei Schwindfugen angeordnet. Zu ihrer Dichtung wurden Kupferbleche eingebaut, die mit Gourdron vergossen wurden. Die Lage der Schwindfugen wurde so gewählt, daß die Hauptmassen des Betons der mittleren drei Wehröffnungen als einheitlicher Betonkörper für sich schwinden konnten, unabhängig von den geringeren Massen der seitlich auf den Uferfelsen aufgelagerten Teile der Eisklappe, der Saugheber und des Fischpasses, Abb. 3, 12 und 13. Um die Schwindrisse und die Durchlässigkeit des Betons auch nach der Fertigstellung des Wehres beobachten zu können, wurde ein Überwachungsgang in den Wehrrücken eingelegt, der von einem Pfeiler aus durch eine besondere Treppenanlage ständig begangen werden kann, Abb. 4.

Besondere Maßnahmen wurden getroffen, um den Beton des Wehrkörpers selbst gegen Durchsickerungen und Unterspülungen von unten und von der Seite zu schützen. Die ganze Vorderseite des Wehres wurde zu diesem Zwecke mit einem Torkretputz versehen, der in den untersten Lagen vielfach angeordnet wurde und sich entsprechend der Verringerung des Wasserdruckes nach oben in eine dreifache und zweifache Lage verringerte. Da der die Sohle des Flußbettes und die Ufer bildende Felsen (Kalksandstein) klüftig war, so wurde an der Vorderseite des Wehres der Fels noch auf 5 bis 8 m freigelegt und ein Betonvorfuß geschaffen, der ebenfalls wieder durch Torkret gedichtet wurde.

Abb. 19
Blick vom rechten Ufer aus auf das fast fertige Wehr. Schützen-Einbau

Die Uferfelsen am linken Ufer, s. a. Abb. 18, wurden auf die ganze Länge zwischen Durchstich und Wehr von allen losen Bestandteilen gereinigt und mit einer im Mittel 30 cm dicken Betonverkleidung versehen, die außerdem noch einen

Torkretputz erhielt. Am rechten Ufer wurde der Fels auf etwa 40 m weit freigelegt, 20 m mit Beton verkleidet, der ebenfalls noch mit einem Torkretputz versehen wurde und die weiteren 20 m mit einer dichten Torkrethaut überzogen. Die in der Gründungssohle des Wehres aus den Spalten heraustretenden Quellen wurden durch Entwässerleitungen zu einem Pumpensumpf im Tosbecken zusammengeführt. Dieser wurde erst nach Fertigstellung sämtlicher Arbeiten geschlossen und erhielt ein Überlaufrohr, das dem Quellwasser gestattete, in das Tosbecken einzutreten. Die dem Angriff des Wassers bei Überströmung des Wehres besonders ausgesetzten Teile, wie der Wehrrücken, der Unterteil der Pfeiler usw., wurden durch eine Granitverkleidung, die mit dem übrigen Beton durch Eisenanker fest verbunden war, geschützt, Abb. 19.

Der Winter war während der zweiten Bauperiode bedeutend günstiger als in der Zeit des Baues der Fangdämme. Die Arbeiten konnten ohne Unterbrechung durchgeführt werden. In Nächten, wo Frostgefahr drohte, wurde durch Aufstellung von Öfen und durch Abdecken der frische Beton gegen Frost geschützt.

Dank dem guten Fortschritt im Herbst und dem milden Winter gelang es trotz aller Schwierigkeiten zu Anfang März 1926, also reichlich vor Beginn der Hochwasserperiode, das Wehr bis auf die Bedienungsstege fertigzustellen. Die Verschlußteile des Wehres, die aus Stoney-Schützen bestanden und von dem Petersburger Maschinen-Trust geliefert wurden, wurden im Laufe der nächsten Hochwasserzeit und der anschließenden Niedrigwasserzeit eingebaut, so daß das Wehr nach einem Probebetrieb von 10 Tagen am Ende des Monats Oktober 1926 in Betrieb genommen werden konnte, Abb. 20.

Abb. 20
Das fertige Wehr im Betrieb

Im ganzen wurden geleistet:

37 600	m³	Aushub in kiesigem gerölligem Grund,
16 850	„	Felsaushub,
37 850	„	Beton,
2 560	m²	Granitverkleidung,
5 500	„	Torkretputz,
1 760	„	Handputz,
1 760	„	Glattstrich.

Hinzu kommen noch rd. 4000 m³ Beton für den oberen Fangdamm und die Aushub- und Anschüttungsmassen für die Errichtung der Fangdämme.

Die Durchführung der Arbeiten in der kurzen gestellten Frist war nur möglich gewesen durch eine restlose Hingabe aller an dem Bau Beteiligten und durch ein harmonisches Zusammenarbeiten der Bauverwaltung, der Siemens-Bau-Union und der Unterunternehmer. [B 22]

Wasserkraftnutzung

Gruppe A 1 der Weltkraftkonferenz Basel 1926[1])

Der Wert einer Konferenz, wie der Sondertagung in Basel, besteht darin, daß sich auf Grund der eingereichten Berichte ein Meinungsaustausch unter den Ingenieuren aller Länder entwickelt. Der Austausch von Erfahrungen und die Aufnahme von neuen Anregungen sind bei der über die Grenzen der Länder und Erdteile hinausgehenden Entwicklung der Technik von besonderem Wert. Die Zeiten, in denen unsre Generation lebt — es gilt dies wohl für alle Länder der Erde —, verlangen bei allen Einrichtungen die größte Wirtschaftlichkeit. Dem Ingenieur liegt die große Aufgabe ob, die Anlagen, die er zum Nutzen der Menschheit schafft, gleichzeitig so wirtschaftlich wie möglich zu gestalten. Dies gilt insbesondere von den Wasserkraftwerken. Solchen Anlagen müssen häufig Versuche irgendwelcher Art vorangehen. Unwirtschaftlich ist es, wenn aus Unkenntnis der Verhältnisse in andern Ländern solche Versuche wiederholt werden. Freilich ist die Lage hier und da oft sehr verschieden, aber die Hauptaufgaben sind doch dieselben, und die Weiterentwicklung beschränkt sich vorwiegend auf eine gewisse Verfeinerung und Vervollkommnung. Da ist es von Nutzen, das Erreichte zu überschauen und die gewonnenen Ergebnisse festzustellen.

Von diesen Grundsätzen ausgehend sind im folgenden die Berichte der letzten Basler Tagung über Wasserkraftnutzung im Auszug wiedergegeben und diejenigen Punkte hervorgehoben, die der Erörterung wert erscheinen.

1. Allgemeines und wasserbauliche Anlagen

Gruner (Schweiz) behandelt namentlich die Niederdruck-Wasserkraftwerke der Schweiz und weist darauf hin, daß sich wegen der Gleichartigkeit der schweizerischen Flüsse und ihrer Wasserführung trotz der verschiedenen geologischen Gestaltung eine einheitliche Form für die Niederdruckkraftwerke ausgebildet hat. Die Ausbaugröße von Flußkraftwerken wird immer weiter getrieben, besonders seitdem es gelungen ist, die Niederdruckwerke mit Speicherwerken oder Wärmekraftwerken zu verbinden. Diese Verhältnisse sind besonders eingehend in dem Bericht von Wyßling: „Stand und Entwicklung der Verwertung der schweizerischen Wasserkräfte“ behandelt, so daß es sich empfiehlt, die Frage im Zusammenhang mit diesem Bericht zu erörtern.

Von einzelnen Anlageteilen ist z. B. die zuverlässige Sicherung der Sohle unterhalb der Stauwehre von großer Wichtigkeit. Während einzelne Wasserbauingenieure der Ansicht sind, daß bei genügend tiefgehender Gründung des Wehres der Kolk nicht schädlich wird und einen gewissen Beharrungszustand erreicht, trachten andre danach, die Wehrschwellen und Abfallböden derart auszubauen, daß sich die lebendige Kraft des Wassers in den „Wasserwalzen“ vernichtet und dadurch unterhalb der Sohlensicherung der Kolk nicht mehr oder nur in geringem Maß auftritt. Eine erfolgversprechende Lösung ist in letzter Zeit von Rehbock in Form der sogenannten Zahnschwelle[2]) ausgeführt worden. In der an den Bericht sich

[1]) Unter Benutzung des Generalberichtes von Dipl.-Ing. E. Payot Basel.

Ueber Wasserkraftnutzung und Binnenschiffahrt, Sonderverhandlungen der Gruppe A, hat G. de Thierry in Z. Bd. 71 (1927) Heft 8 S. 265, über Austausch elektrischer Energie zwischen Ländern, Gruppe B, R. Haas in Z. Heft 11 S. 359 berichtet. Weitere kurze Berichte über die Verhandlungen der übrigen Gruppen folgen demnächst. Die gesamten Berichte und Erörterungen über diese und die andern auf der Weltkraftkonferenz verhandelten Gegenstände erscheinen in vier Sprachen unter dem Titel „Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926“ im Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel; Preis 125 Schw. Fr. Den Alleinvertrieb für das Deutsche Reich hat die VDI-Buchhandlung.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1382; vergl. a. de Thierry und Matschoß, Die Wasserbaulaboratorien Europas, Berlin 1926; Rehbock, Das Flußbaulaboratorium der Technischen Hochschule Karlsruhe.

anschließenden Wechselrede wies Ludin darauf hin, daß auch von ihm eine ähnliche Konstruktion, die Keilschwelle[3]), erprobt worden ist.

Eine andre Frage ist die des Auftriebes in den Wehrkonstruktionen, insbesondere in den Wehrpfeilern. Gruner weist auf Untersuchungen hin, die durch den Einbau von Piezometerröhren beim Bau des Kraftwerkes Eglisau gemacht worden sind. Die Abklärung der Frage des Auftriebes ist bei Stauwehren der Kosten wegen von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Bei der Gestaltung der Wehrpfeiler sind gute Zugänge zu den Pfeilernuten zu schaffen, damit die Rollenwagen der Stoney-Schützen und die Dichtungen während des Betriebes überwacht werden können. Zur Vermeidung von Erzitterungen ist der Dichtung der Schützen und dem Schutze der Rollenwagen gegen Wasserstoß besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Das Einlaufbauwerk muß sich ohne Vorsprünge und Winkel an das Stauwehr anschließen und gleichzeitig die Rechenreinigung tragen. Auch das Einsetzen einer Streichwand ist oft wichtig.

Der Querschnitt des Kraftwerkes ist durch die Turbinenkonstruktion bestimmt. Während die Kraftwerke zum Teil gegen das Eindringen von Wasser durch vollständige Dichtung geschützt werden, sind andre von vielen Kanälen und Hohlräumen durchzogen, durch die das etwa eindringende Wasser abgeführt werden soll. Beide Ausführungen haben sich bewährt. Zu klären ist noch die Frage, wie weit das ganze Bauwerk durch Ausdehnungsfugen zu schützen sei.

Der Form des Unterwasserkanales und der Schiffahrt sind besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Büchi (Schweiz) behandelte vornehmlich die schweizerischen Hochdruckwerke.

Die starke Geschiebeführung der Gebirgswässer der Schweiz erfordert besondere Vorkehrungen, um das Eindringen von Geschiebe in die Stollen oder das Ablagern vor den Einläufen zu verhindern. Bei der Ausbildung der beweglichen Wehrverschlüsse ist die unvermeidliche Abnutzung durch das Geschiebe zu berücksichtigen, darum sind für die Panzerung der Wehrschwellen geeignete Baustoffe zu wählen. In der Ausbildung des Einlaufes ist eine gewisse Einheitlichkeit bereits erzielt. Für Entsandungsanlagen sind die Anordnungen von Büchi und Dufour mehrfach mit Erfolg angewandt worden[4]).

Bei den Stauwerken für Wasserkraftanlagen mit Speicherung werden meist Schwergewichtmauern, neuerdings aber auch Bogenmauern ausgeführt. Über die Konstruktion der letzteren sind die Ansichten allerdings noch geteilt. Bei den Schwergewichtmauern spielt die Frage der Unterdruckwirkungen, bei den Bogenmauern die Sicherheitsfrage eine große Rolle. Ähnlichen Untersuchungen wie die Sperrmauern unterliegen auch die Wasserschlösser.

Wichtig für Hochdruckanlagen sind ferner die Stollen, insbesondere die sogenannten Druckstollen, die vielfach ausgeführt werden, um an Kosten für die Rohrleitungen zu sparen oder hochgelegene Speicherbecken bis auf den niedrigsten Wasserstand ausnutzen zu können. Solche Druckstollen werden meistens mit einer Eisenverschalung ausgekleidet. Die Konstruktion und Bemessung dieser Verkleidung ist aber darum sehr schwierig, weil die Dichtheit des umgebenden Gesteins eine wichtige Rolle spielt. Versuche in dieser Hinsicht sollten vor dem Ausbau ausgeführt werden. Für das Oberhaslikraftwerk ist zur Ausführung ähnlicher Untersuchungen ein eigener Versuchsstollen hergestellt worden. Über die zulässigen höchsten Wassergeschwindigkeiten im Druckstollen gehen die Meinungen noch auseinander.

Konz (Deutschland) behandelte in seinem ersten Bericht den im Jahre 1921 begonnenen Ausbau der rd. 200 km langen Neckarstrecke von Plochingen bis Mannheim zu einem leistungsfähigen Großschiffahrtsweg für 1200 t-Schiffe. Bei den verschiedenen Staustufen werden alle noch verfügbaren Wasserkräfte des Flusses ausgenutzt. Der Erfolg so groß angelegter Regulierungen hängt sehr von der Art ab, wie der Bau vorbereitet, angelegt und durchgeführt wird. Die Neckarstrecke von Plochingen bis Mannheim weist ein Gefälle von 160,7 m auf und muß in 26 Staustufen eingeteilt werden. Für die Wehrbauten sind durchweg neuere Konstruktionen gewählt. Da die Wassermenge sehr schwankt, wird die gewonnene Energie fast nur als Zusatz oder Ersatz für aus Wärme erzeugte Energie verwendet; trotzdem ist noch der Ausbau von Speicherwerken vorgesehen. Die Kanalisierung ist der Hauptzweck, die Wasserkraftnutzung soll nur zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Ganzen dienen.

[3]) Z. Bd. 71 (1927) S. 161.
[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 852; Schweiz. Bauz. Bd. 87 (1926) S. 175.

Ein zweiter Bericht von Konz betrifft die Ausnutzung der Wasserkräfte der Iller zwischen Ferthofen und Ulm. Da die Iller auf dieser Strecke den Grenzfluß bildet, ist über die Teilung der Wasserkräfte zwischen Bayern und Württemberg im Jahre 1917 ein Staatsvertrag abgeschlossen worden. Der rd. 60 km lange gemeinsame Flußlauf wurde in zwei Abschnitte geteilt. Die Strecke Ferthofen – Kellmünz von 27 km Länge mit 62 m Gefäll und vier Gefällstufen ist dem Staate Württemberg zugeteilt worden. Der andre Abschnitt von 32 km Länge mit 64 m Gefäll und ebenfalls vier Gefällstufen ist Bayern zugefallen. Die Ausbauwassermenge beträgt rd. 80 m³/s. Beide Staaten haben ihre Nutzungsrechte an Gesellschaften abgetreten.

Berdal (Norwegen) behandelte die Regulierung des Glommen und seiner Zuflüsse, die, verbunden mit mehreren sich zur Wasserspeicherung eignenden Seen, eine der schönsten Wasserkraftquellen der Erde darstellen.

Die Frage der Seeregulierung erörterte Schmidt (Schweden). In Schweden haben sich auf Grund des Wassergesetzes vom Jahre 1919 neue Leitsätze ergeben. Die Kraftwerkbesitzer führen für ihren Flußlauf die Regulierung gemeinsam durch. Die Grenzen, die der Ausnutzung der Seen zur Verbesserung des Energiewesens der Kraftwerke gezogen sind, sind durch die Beziehungen zu den Uferanwohnern, den Verkehrseinrichtungen und vor allem der Flößerei gegeben.

Der Bericht von Karlsson (Schweden) befaßte sich mit den beweglichen Wehren. Hauptgesichtspunkt bei der Ausführung der meisten Wehre in Schweden bildet die Flößerei. Ferner muß die Eisbildung stark berücksichtigt werden. Auf sinnreiche Art ist die elektrische Heizung der Schützen, besonders ihrer Führungen und Dichtungen, ausgebildet worden. Beim Entwurf wird auch dafür gesorgt, daß die Nuten so zugänglich sind, daß sie auch mechanisch vom Eise befreit werden können. Die Betriebsicherheit der Schützen hängt im Winter nicht so sehr von ihrer Konstruktion selbst, als von der Ausbildung der Pfeiler ab.

Sundblad und Plaß (Schweden) beschrieben die Staumauerkonstruktionen des Norrfors-Kraftwerkes. Die Bauwerke bestehen aus einer Bogenmauer und aus einer Mehrfachbogenmauer, bei der eine zusätzliche Beanspruchung durch Eisdruck auftrat. Wichtig sind die Vorgänge, unter denen sich verschiedene Eisarten bilden, z. B. verhindert die Eisdecke auf dem Stausee die Bildung andrer Eisarten. Besonders bemerkenswert war der Bau des Regulierdammes, der nur bei Niedrigwasser im Winter ausgeführt werden konnte. Die hierbei gemachten Erfahrungen sind auch wichtig für Ingenieure, die Bauten im Hochgebirge auszuführen haben. Zur Abkürzung der Bauzeit und Verminderung der Bauzinsen dürfte es sich beim Bau von Hochdruckwerken im Gebirge empfehlen, alle Mittel anzuwenden, die eine Verlängerung der Bauzeit im Sommer bis weit in den Herbst hinein und eine frühzeitige Wiederaufnahme der Arbeit im Frühjahr ermöglichen.

Zur Verhinderung der Eisbildung am Regulierdamm ist ein neues Verfahren angewandt worden, bei dem Druckluft in das Wasser eingepreßt wird. Die Floßöffnung wurde durch Dampfheizung freigehalten. Wie ersichtlich, spielen die Temperaturverhältnisse überhaupt eine sehr wichtige Rolle.

2. Maschinen- und Schaltanlagen

Ungerer (Deutschland) berichtete über den Bau und Betrieb neuzeitlicher Wasserturbinen. Er zeigte, wie man, von der Francisturbine ausgehend, zu immer höheren Geschwindigkeiten zu kommen suchte und das schließlich nur mit Flügelrädern, Propeller- und Kaplanturbinen erreichte. Das Bestreben geht dahin, bei verschiedenen, von der Nennleistung abweichenden Belastungen einer Turbine immer noch einen hohen Wirkungsgrad, also einen möglichst flachen Verlauf der Wirkungsgradkurve, zu erreichen. Bei Niederdruck-Francisturbinen ist eine hohe Drehzahl nur durch Benutzung von Rädergetrieben zu erzielen. Propellerturbinen stellen die Weiterentwicklung der Francisturbine dar, und die Kaplanturbine mit drehbaren Laufschaufeln erfüllt die geforderten Bedingungen nach hoher Drehzahl und flachem Verlauf der Wirkungsgradkurve in vollkommener Weise. Die Konstruktionsschwierigkeiten für die drehbaren Laufschaufeln können als überwunden gelten. Aber die Kaplanturbinen lassen sich nicht für alle Gefälle verwenden, und die Grenzen der Saughöhe, die Saugrohrform und die Hohlraumbildung (Kavitation) spielen eine sehr große Rolle[4a]). Man benutzt vielfach Propellerturbinen für gleichbleibende Grund-

[4a]) Vergl. a. „Hydraulische Probleme", Berlin 1926, VDI-Verlag.

belastung und eine Kaplanturbine zur Regelung und Aufnahme von Belastungsspitzen, was sich wirtschaftlich vorteilhaft erweist.

Nach amerikanischem Beispiel setzt sich die Einradturbine mit stehender Welle immer mehr durch. Hierbei bildet die Anordnung des Spurlagers eine wichtige Rolle. Während es einige über den Stromerzeuger setzen und dadurch leichte Übersicht und Zugänglichkeit erzielen, ordnen es andre zwischen Dynamo und Turbine an, damit bei einem Ausbau der Dynamo das Spurlager stehen bleiben kann. Die Frage kann ohne Rücksichtnahme auf die Maschinengründung endgültig nicht entschieden werden.

Bei den Freistrahlturbinen für Hochdruckanlagen spielt die mit zunehmender Erhöhung der Drehzahl einsetzende Becherabnutzung eine Rolle. Durch geeignete Wahl des Werkstoffes sucht man dieser Schwierigkeit zu begegnen.

Bei der Regelung wird meistens auf Druckregler verzichtet, und es werden fast allgemein Strahlablenker verwendet. Deren Betätigung erfordert, wie diejenige der beweglichen Leit- und Laufschaufeln bei Kaplanturbinen, die Anwendung von Doppelreglern, für die sehr schöne Lösungen vorliegen. Wenn der Regler daran verhindert werden sollte, bei Entlastungen die Turbine zu schließen, dann haben Sicherheitsvorrichtungen einzugreifen. Als solche gelten alle Absperrorgane, die schnell und sicher genug schließen. Verschiedene Schieberarten und Fallschützen, die mit Druckwasser oder mit Drucköl arbeiten, eignen sich hierzu. Auch bei Hochdruckanlagen werden vor den Rohrleitungen solche Sicherheitsvorrichtungen angebracht.

Ungerer wies auch darauf hin, welche Rolle das Reinigen der Rechen bei allen Wasserkraftanlagen spielt. Die Rechenreinigungsmaschinen sind in den letzten Jahren sehr verbessert worden[5]).

Munding (Schweden) berichtete über die Entwicklung des Wasserturbinenbaues in Schweden. Er hob hervor, daß die sogenannte Innenregelung in Schweden auch heute noch mit Vorteil benutzt wird. Es besteht ferner ein gewisser Gegensatz zwischen den schwedischen und den deutschen und schweizerischen Konstruktionen in bezug auf die Bauart der Zwillingsturbinen. Bemerkenswert ist der Fall des Norrfors-Kraftwerkes, wo besondere Vorkehrungen getroffen werden mußten, weil der Ablaufkanal durch einen Stollen gebildet wird.

Caflisch (Schweiz) behandelte die Grundsätze, nach denen die schweizerischen Turbinenfabriken heute ihre Turbinen ausführen. Sehr treffend ist der Hinweis, daß der Bauingenieur, der Maschinen- und der Elektroingenieur nur in gemeinsamer Arbeit, unter Erfassung aller mitbestimmenden Faktoren das Beste zu leisten in der Lage sind. Die Turbine bildet mit der zugehörigen Betonkonstruktion und der Gründung des Maschinenhauses eine derart zusammenhängende Einheit, daß diese Zusammenarbeit unbedingt nötig ist. Die Wahl der Umlaufzahl sowie der Bauart der Turbinendynamos muß nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen, wenn das Kraftwerk billige Energie zu liefern in der Lage sein soll.

Caflisch beschrieb die Entwicklung, die die Francisturbine in der Schweiz durchlaufen hat, wie aus ihr der Schnelläufer abgeleitet wurde und wie, dank den Turbinenprüfanlagen, die verschiedenen Fabriken der Schweiz ihre eigenen Wege in der Ausbildung der Propellerturbine gegangen sind.

Den Turbinenanlagen für Hochdruck in der Schweiz legt Caflisch besondere Bedeutung bei. Er ging die konstruktiven Einzelheiten durch und brachte wichtige Zahlenangaben, sowohl für die Schnelligkeit der Turbinen, die Düsenanordnung, als auch die verwendeten Rohrleitungen. Eine besondere Bedeutung kommt neuerdings den Speicherpumpen zu[6]). Im Bericht von Caflisch ist ferner auch der Hinweis auf vergleichende Versuche zu finden, die Dubs an Saugrohren angestellt hat[7]).

Wallem (Deutschland) und Wyßling (Schweiz) berichteten über die Entwicklung und den Stand des Baues von Stromerzeugern, Transformatoren und Schaltanlagen in Deutschland und in der Schweiz.

Wallem geht auf die Frage ein, ob stehende oder liegende Wellen für Turbinendynamos vorteilhafter sind. Der Elektriker bevorzugt aus Betriebsgründen die liegende Welle, der Turbinenbauer aber kommt immer mehr wegen der Platzersparnis zur stehenden Anordnung.

Die Wichtigkeit der Durchbrenndrehzahl spielt beim Bau der heutigen, großen Dynamomaschinen eine wesentliche Rolle und stellt den Ingenieur vor schwierige konstruktive Aufgaben. Francisturbinen erreichen beim Durchbrennen das 1,8fache der günstigsten Drehzahl, bei Kaplanturbinen kommt man auf das 2,35fache. Bei den großen Einheiten lassen sich Schleuderversuche, die das beste Mittel zum Verhüten von Maschinenexplosionen bilden, nicht mehr durchführen. Nur sehr sorgfältige Prüfungen der zur Herstellung der Maschinen verwendeten Werkstoffe und Einrichtungen zum raschen Abstellen der Turbine beim Überschreiten der Nenndrehzahl sind möglich. Die Entwicklung eines sicher wirkenden und unbedingt zuverlässigen, leicht nachprüfbaren Schutzes gegen Durchgehen ist daher sowohl für den Dynamobauer als auch für den Betriebsingenieur von großer Bedeutung. Die Auslaufzeiten großer Maschinen sind so lang, daß man auf Mittel und Wege sinnen muß, sie zu verkürzen. Durch Gegenwasserstrahlen bei Freistrahlturbinen und selbsttätige Bremsvorrichtungen kann man diesen Zweck erreichen.

Einer weiteren Abklärung bedarf der Schutz der Stromerzeuger gegen Überspannungen. Vom wirtschaftlichen und betriebstechnischen Standpunkt aus ist auch hier danach zu streben, daß nur verhältnismäßig billige und vor allem einfache Einrichtungen angewendet werden. Die Aufgaben, den Stromerzeuger wirksam zu kühlen und im Zusammenhang damit vor Verbrennung zu schützen, scheinen der Lösung nahe zu sein.

Immer mehr kommt die Anwendung von Synchronkondensatoren oder von Blindleistungsmaschinen auf, die nicht nur zur Verbesserung des Leistungsfaktors, sondern vor allem auch zur Spannungsregelung dienen. Wallem machte auf die Verwendung der durch Drehstrom fremderregten Asynchronmaschinen zu diesem Zweck aufmerksam und erörterte deren Vorteile gegenüber dem Synchronkondensator.

Auch im Bau der großen Transformatoren sind große Fortschritte festzustellen. Bemerkenswert ist, daß der Größe der Einzelleistung eigentlich nur durch die Beförderungsmöglichkeit auf der Bahn Grenzen gezogen sind. Besondere Aufmerksamkeit wird auch der Verspannung der Spulen gewidmet, und es wird eine Lösung erwähnt, die das Nachspannen ohne Öffnen des Kessels erlaubt. Fast durchweg werden für neuzeitliche Großtransformatoren nur noch runde Spulen, Außenkühlung und Ölaufbereitung benutzt.

Neuerdings sucht man vielgeschossige Schaltanlagen zu vermeiden. Man strebt danach, die Anlage so zu bauen, daß von einer Stelle aus sämtliche Schaltmaßnahmen durchgeführt werden können (Einwärterbetrieb). In diesem Falle müssen also auch die Trennschalter mit Fernsteuerung versehen sein. Bei den Freiluftanlagen kommt man immer mehr zur Flachbauart, die gestattet, gewissermaßen das Schaltbild auf den Boden zu legen. Dort, wo Freiluft-Schaltanlagen nicht angängig sind, wird der sogenannte Hallenbau gewählt.

Wichtige Punkte sind sodann die Vorkehrungen gegen das Festfrieren der Trennschalter, der zweckmäßigste Einbau der Ölschalter (insbesondere mit Rücksicht auf die Explosionsgefahr) und die Konstruktion der Ölschalter selbst. Die größte noch offene Frage bildet die des Überstromschutzes. Alle Betriebsleute sehnen sich nach einem einfachen und wirklich zuverlässigen Selektivschutz.

Im Bericht von Wyßling: „Über die elektrischen Einrichtungen hydro-elektrischer Werke schweizerischer Herkunft" sind im großen und ganzen die gleichen Fragen wie im Bericht von Wallem behandelt. Auch Wyßling erwähnt, daß das Bestreben der Maschinenbauer immer mehr auf die Steigerung der Einzelleistung hinziele. Auch die schweizerischen Konstrukteure bevorzugen für die Turbinendynamos die stehende Bauart (s. Wäggital). Die sogenannten Segmentlager als Spurlager haben in der Schweiz eine sehr mannigfaltige Ausbildung erfahren und genügen allen Bedingungen, die man an die Betriebsicherheit der Spurlager stellen kann. Die aus den Stromerzeugern strömende warme Luft wird schon jetzt mehrfach zum Heizen der Dienstträume im Kraftwerk benutzt.

Eine Sonderbehandlung ist den 15 kV-Einphasenstromerzeugern der schweizerischen Bundesbahnen zuteil geworden, für die als Prüfspannung die dreifache Nennspannung verlangt wird; darum mußten besondere Vorkehrungen getroffen werden, um die Glimmentladungen zu vermindern.

Wyßling ist der Ansicht, daß sich mit Rücksicht auf die Durchbrenndrehzahlen die Stromerzeuger von Wasserkraftanlagen immer mehr den Dampfturbodynamos nähern werden. Die Synchron-Induktionsmaschinen für den Antrieb der Pumpen des Wäggitalwerkes sind besonders bedeutsam. Sie erlauben, den Pumpenbetrieb bei den verschiedenen Wasserständen ohne Drosselung durchzuführen. Sie werden zudem noch als Synchron-Ausgleichmaschinen benutzt.

Bei der Kühlung der Transformatoren sind die sogenannten „Eisenkrankheiten" in der Fertigung überwun-

[5]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1483 u. 1485.
[6]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f.
[7]) Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26 S. 338.

den. Anzapfungen an Transformatoren werden nur ungern gemacht. Der Betrieb kann aber einstweilen darauf nicht verzichten.

Die Frage der Schutzwiderstände für Ölschalter bedarf noch einer gewissen Abklärung. Man kommt immer mehr davon ab, in den Ölkessel selbst Widerstände einzubauen. Sehr bemerkenswert ist auch der Hinweis, daß es druckfeste Schalter eigentlich nicht gibt, da sich die Ölschalter für den hohen Druck, der in ihnen auftreten kann — bis 50 at —, doch nicht genügend stark bauen lassen.

Zachrisson (Schweden) beschreibt einige kleinere selbsttätige Anlagen in Schweden. Die Selbsttätigkeit ist zwar nicht soweit durchgeführt wie in amerikanischen Anlagen, aber sie zeigen doch deutlich das Bestreben nach einem sogenannten „Einmannbetrieb". Die Bedienung der Nebenwerke beschränkt sich auf einige Überwachungsbesuche sowie auf Rechenreinigung und Eisabwehr. Die Ausbildung der kleineren Kraftwerke als selbsttätig und ferngesteuerte Werke führt dazu, auch kleinere, sonst unwirtschaftlich arbeitende Wasserkräfte noch ausnutzen zu können, insbesondere, wenn sie auf ein größeres Netz arbeiten[8]).

3. Entwicklung der Wasserkraftnutzung

Mayehara (Japan) zeigte in seinem Bericht „Wasserkraftnutzung in Japan", wie sich seit der Weltkraftkonferenz 1924 Erzeugung und Verbrauch des elektrischen Stromes in seinem Lande weiter entwickelt haben. Es ist eine sehr leistungsfähige Periodenumformung durchgeführt worden, die die Verbindung größerer Netze mit verschiedenen Periodenzahlen ermöglicht. Oropesa (Mexiko) bringt Angaben über Verkaufspreise der elektrischen Energie, woraus sich Vergleiche mit den Verhältnissen andrer Länder ziehen lassen. Der Bericht zeigt auch, welch große Energiequellen in Mexiko schon ausgenutzt sind und welche Wasserkräfte in diesem Lande noch der Erschließung harren.

In seinem Bericht: „Stand und Entwicklung der schweizerischen Wasserkräfte" erläutert Wyßling zunächst die Wasserkraftnutzung. Die Zahl der kleineren Kraftwerke und der Wiederverkäufergesellschaften in der Schweiz ist erschreckend groß. Wenn nun auch die kleinen Werke mit hohen Gestehungskosten der Energie arbeiten und die Wiederverkäufer den Nachteil der zu großen Verwaltungsunkosten und den Mangel an geschultem Personal haben, so haben gerade diese vielen, zum größten Teil älteren, kleinen Kraftwerke im Zusammenhang mit den Wiederverkäufern doch in erheblichem Maße dazu beigetragen, den elektrischen Strom in den entlegensten Gegenden der Schweiz einzuführen.

Großzügige Gesamtanlagen lassen sich später oder in Ländern durchführen, in denen die Versorgung mit elektrischer Energie noch wenig entwickelt ist. Für die Schweiz wird es sich darum handeln, das Vorhandene durch Zusammenlegen und Umbau nach einem Gesamtplan möglichst zu vereinfachen. Dabei darf nicht übersehen werden, daß die einzelnen Länderteile der Schweiz politisch und wirtschaftlich sehr verschiedenartig sind. Hierauf sind auch die vielen Tarifformen zurückzuführen, deren Vielgestaltigkeit die Zusammenfassung erschwert; sie ermöglicht aber den Werken, ihre Wirtschaftsgebiete bis ins einzelne zu durchdringen und durch weitgehende Anpassung an die Bedürfnisse den jetzigen hohen Stand der Ausnutzung der Wasserkräfte zu ereichen.

Unter den Maßnahmen, die Wyßling zur besseren Ausnutzung der Wasserkräfte angibt, wird die möglichste Anpassung des Verbrauches an die Erzeugung erwähnt, die gerade durch zweckmäßige Tarifgestaltung zu erreichen ist. Das Kapitel über den zeitlichen Verlauf des Leistungsbedarfes, die Mittel zu dessen Beeinflussung und deren Erfolg ist außerordentlich aufschlußreich. Das weitere Kapitel, das die Mittel zum Anpassen der verfügbaren Leistungen an die verlangten durch Speicherung bei den Kraftwerken behandelt, ist von grundlegender Bedeutung und außerordentlich zeitgemäß.

Am Schlusse seines Berichtes führt Wyßling aus, daß trotz der sicherlich sehr bemerkenswerten Erfolge im Ausgleich der verbrauchten und der verfügbaren Leistungen, selbst in einem Jahre mit trocknem Winter, in der Schweiz noch bedeutende Wasserkraftenergien während etwa acht Monate verfügbar bleiben, und zwar während fünf bis sechs Monate in ziemlich gleichbleibenden, sicheren Leistungen. Er berechnet, daß bei 2339 Mill. kWh verbrauchter Energie im ganzen 3250 Mill. kWh aus den heute bestehenden Wasserkraft-Elektrizitätswerken der Schweiz geliefert werden können. Unter Mitberücksichtigung der kleinsten Werke, die in diesen Zahlen noch nicht enthalten sind, harren somit selbst in einem wasserarmen Jahre noch rd. 1000 Mill. kWh Sommerenergie aus den bestehenden Werken der Verwertung.

Es ist nun wohl zu beachten, daß diese sogar während mehrerer Monate ziemlich gleichbleibende Überschußleistung nur dadurch zustande kommt, daß sämtliche Leistungs- und Energieüberschüsse der vielen Werke zusammengelegt werden. Diese Sammlung und Übertragung an die Verbrauchsorte wird jedoch nur möglich sein, wenn man einen engen Zusammenschluß aller Werke erreichen und die verfügbaren Leistungen und die Absatzmöglichkeiten sozusagen von Tag zu Tag verfolgen kann. Das Zusammenlegen wird Anlage- und Betriebskosten ergeben, auch wenn vielleicht viele Leitungen schon zu andern Zwecken vorhanden sind. Ebenso wird die Verteilung von einer Hauptstelle aus nicht sehr einfach und jedenfalls auch mit Kosten verbunden sein. Für einen elektrochemischen Betrieb werden z. B. die erwachsenden Kosten als zu hoch für eine lohnende Ausnutzung der Sommerenergie ermittelt.

Die schweizerischen Wasserkraft-Elektrizitätswerke sind im letzten Dritteljahrhundert von einer anfänglich 12 vH betragenden Ausnutzung auf eine solche von mehr als 70 vH gekommen. 99 vH aller in schweizerischen Kraftwerken erzeugten elektrischen Arbeit stammen aus Wasserkraft. Auf den Kopf der Einwohnerzahl der Schweiz kommen heute jährlich 420 kWh für Allgemeinzwecke. Davon werden etwa 200 kWh für Bahnbetrieb und Elektrochemie im Lande verbraucht und etwa 100 kWh ausgeführt. Die Schweiz erzeugt heute jährlich etwa 2½ bis 3 Milliarden kWh. Diese Arbeit läßt sich indessen noch auf etwa das Vierfache steigern.

Das eingehende Studium des Berichtes von Wyßling, der mit Zahlen und Einzelheiten durchsetzt ist, läßt erkennen, daß viele Ansichten von so allgemeiner Bedeutung sind, daß man sie ohne weiteres auf andre Länder und Verhältnisse anwenden kann.

Dem Generalbericht von Payot schloß sich eine längere Wechselrede an, in der zunächst Ungerer ergänzende Mitteilungen zu seinem Bericht machte. E. Reichel schlug vor, daß die Wassermessungen und Wirkungsgradleistungen international einheitlich gestaltet würden, man könne dann sofort sehen, ob die von den Amerikanern angegebenen hohen Wirkungsgrade auf Rechenfehler oder auf eine tatsächliche Überlegenheit ihrer Turbinenkonstruktionen zurückzuführen seien. Der Vorschlag wurde zwar sachlich gebilligt, aber die Bildung eines eigenen Sonderausschusses abgelehnt, weil ohnehin schon zu viele Kommissionen vorhanden seien. Bei den Verhandlungen der Gruppe C machte indessen C. Neeser (Lausanne) einen ähnlichen Vorschlag, der zu folgendem Beschluß führte:

„Der Hauptausschuß gibt der Hoffnung Ausdruck, daß die Internationale Elektrotechnische Kommission ihre in Gemeinschaft mit Wasserturbinenspezialisten begonnenen Arbeiten beschleunigen werde, da diese Sache von größter Wichtigkeit für alle dabei in Frage kommenden Länder ist."

Aus diesem Beschluß ist ohne den Bericht von Neeser allerdings nicht zu ersehen, um was es sich eigentlich handelt. Wir wollen aber hoffen, daß die Arbeiten der Kommission so fruchtbar sind, daß man nicht gar zu lange auf das Ergebnis dieser Arbeiten zu warten braucht.

Im Juni des Jahres 1926 sind in Lilla Edet (Schweden) eine Kaplan- und zwei Lawaczeck-Turbinen von ungewöhnlicher Größe untersucht worden ($H = 6{,}25$ m, $N = 10\,000$ PS, $n_s = 600$). Munding berichtete über die Ergebnisse dabei. Die von Verkstaden, Kristinehamn, erbaute Kaplanturbine hat sich stark überlasten lassen und einen Wirkungsgrad von 92,6 vH bei sehr flach verlaufender Wirkungsgradkurve ergeben. Die von der Finshyttan A.-B. erbauten Lawaczeck-Turbinen ergaben 92 vH. Die Wassermengen wurden gleichzeitig mit 17 Flügeln gemessen[9]).

Berlin [N 148] E. Reichel

[8]) Culp, „Power" Bd. 56 (1922) S. 520; Zachrisson, Svenska Vattenkraftföreningens publikationer 1924 S. 122; Reindl, Wasserkraft-Jahrbuch 1924 S. 497.

[9]) Tekniska Meddelanden Från Kungl. Vattenfallsstyrelsen Nr. 13 S. 49.

Die Kultivierung Ägyptens und des Sudan[1)]

Der Sennar-Staudamm am Blauen Nil

Von Dipl.-Ing. E. Sachs, Berlin-Steglitz

Nachteile der früheren Bewässerungsart — Erste Staudämme durch Mehemet Ali — Sperren bei Zafta, Esna, Assuan — Kultivierung des Sudan — Der Sennar-Staudamm, der größte der Welt — Beschreibung des Staudammes — Weitere Pläne und ihre Aussichten

Ägypten ist das Ursprungsland des kulturellen Wasserbaues. Schon in den ältesten Zeiten haben die Ägypter erkannt, wie viel die jährlichen Überflutungen durch den Nil und seinen Schlamm zur Fruchtbarkeit des Landes beitragen und daß nur durch den Nil Wachstum und Ertrag in den regenlosen, sonnenreichen Gebieten zu erreichen sind. Es besteht daher schon seit Jahrhunderten ein weitverzweigtes Bewässerungsnetz aus Kanälen und kleineren Dämmen, zwischen denen das Wasser bei der Überflutung in Becken etwa zwei Monate lang zurückgehalten und dann wieder dem Nil zugeführt wird. In dieser Zeit dringt der Nilschlamm in die Risse des Erdreichs, die durch die Sonnenbestrahlung entstanden sind, ein und durchsetzt es so bis in große Tiefen.

Diese Bewässerung hat aber den Nachteil, daß man nur einmal im Jahre säen und ernten kann. Sie unterbindet die Sommerkulturen, Baumwolle und Zuckerrohr, die mit der Zeit als Handelsgut immer größere Bedeutung gewonnen haben. Da Klima und Bodenbeschaffenheit Ägyptens für größere Kulturen sehr vielversprechend waren, ging man in der Mitte des vorigen Jahrhunderts daran, die Überflutung in eine das ganze Jahr dauernde Bewässerung umzuwandeln.

Um 1850 übergab Mehemet Ali das Studium dieser Frage dem Franzosen Mougel-Bey und wurde so zum eigentlichen Begründer des Reichtums und der Entwicklungsfähigkeit des heutigen Ägyptens. Die von Mougel-Bey ausgeführten Anlagen bestehen in den beiden Sperren am Rosette- und Damiette-Arm des Nils am Anfang des Deltas, Abb. 1. Sie sind durch ein Stück Land von etwa 1 km Breite voneinander getrennt und beide gleichartig als Massivmauern mit einzelnen Torbogen zwischen Pfeilern ausgeführt. Die Pfeiler sind 2 m dick; in jeder Mauer sind 61 Öffnungen vorhanden. Die Sperre am Rosette-Arm ist 465 m, die am Damiette-Arm 535 m lang. Über beide führt eine Fahrstraße. Die Anlagen haben den später ausgeführten Sperren als Vorbild gedient. Mougel-Bey konnte jedoch die Arbeiten nicht bis zur Vollendung beaufsichtigen, so daß die Mauern bei Inbetriebnahme Risse und Bewegungen im Mauerwerk zeigten, die nur eine Füllung bis 2 m anstatt bis 5,5 m zuließen.

Als sich 1885 die Engländer in Ägypten festsetzten, versuchten sie, diese Schäden auszubessern, was jedoch durch Verstopfen der Risse nicht gelingen wollte. Es blieb daher nichts andres übrig, als die Belastung der Mauern endgültig herabzusetzen. Zu diesem Zweck wurden im Jahre 1895 etwa 1 km stromabwärts der Sperren zwei Grundwehre gebaut, die den Wasserspiegel um 2 m hoben, so daß die Stauhöhe nur noch 3,5 anstatt 5,5 m beträgt. Die Sperren sind zur Zeit des steigenden Wassers offen. Beim Beginn des Fallens werden sie geschlossen und speichern so das Wasser auf, das mit Hilfe von drei Hauptkanälen über das Delta und das umliegende Land nach Bedarf verteilt wird.

1902 wurde am Damiette-Arm noch eine zweite Sperre stromabwärts bei Zafta in derselben Art mit 50 Öffnungen gebaut. Sie soll zum Zwecke der Maisaussaat den Wasserstand bei Beginn des Hochwassers etwas heben. 1902/05 entstand die Sperre bei Assiut, die das ganze mittlere Ägypten bis Kairo beherrscht, sie ist von derselben Bauart wie die bisherigen, hat 800 m Länge und 111 Öffnungen. Der Niedrigwasserstand wird um etwa 2 m gehoben; bei Hochwasser, wenn alle Tore geöffnet sind, verursacht die Sperre nur noch 15 cm Stau.

Die Sperre von Esna wurde 1907/08 errichtet. Vorläufig dient sie nur dazu, den Hochwasserspiegel etwas zu heben und damit die Bewässerung durch die noch von früher bestehenden Becken zu erleichtern. Später soll sie für die dauernde Bewässerung dieser Gegend umgestaltet werden. Die Bauart ist dieselbe wie bei den vorigen. Sie hat 120 Öffnungen.

Die nächste Sperre stromaufwärts ist die im Jahre 1902 fertiggestellte Staumauer bei Assuan. Sie hat im Gegensatz zu den bisher genannten nicht den Zweck der Bewässerung, sondern dient zur Aufspeicherung von Wasser, um die Wasserführung des Nil während der trockenen Jahreszeit vom 15. April bis 15. Juli zu heben. Bei der ganzjährigen Bewässerung war nämlich die Wassermenge im Sommer bald zu gering, so daß eine Reserve angelegt werden mußte. Die Sperre ist 2 km lang und ganz auf Granit gegründet. Der Fassungsraum betrug bei der damaligen Ausführung etwa 1 Milliarde m³.

Abb. 1
Lage der Nilstaudämme

[1)] Vergl. M. Denizet, „Annales des Ponts et Chaussées“ Bd. 96 (1926) IV S. 59.

Abb. 2
Lage des Sennar-Staudammes
S. G. R. Sudan Government Railway. 1 Feddan = 44,6 a

Jedoch wurde die Sperre 1912 um 7,5 m erhöht, so daß sie jetzt 2¼ Milliarden m³ faßt. Der Stau erstreckt sich bis 300 km oberhalb der Mauer. Es sind 140 Öffnungen vorhanden. Die Kosten der Sperre mit Erhöhung belaufen sich auf rd. 4 220 000 £. Sie bildete bisher den größten Wasserspeicher der Welt.

Von Ägypten wäre noch ein Plan zu erwähnen, der bei Nag Hamadi, oberhalb Esna, eine Sperre vorsieht, die mit der bei Esna zusammen die vollständige Bewässerung von Oberägypten das ganze Jahr hindurch gewährleisten soll. Sie soll nach der gleichen Bauart wie die vorhergehenden hergestellt werden.

Der Grund für die dauernde Verwendung einer Sperrenbauart mit vielen kleinen Durchflussöffnungen, anstatt, wie meist in Europa, mit wenigen großen, liegt wohl in dem unsicheren sandigen Baugrund. Bei Zerlegung des Bauwerkes in viele kleinere Teile ist eine Bewegung des Untergrundes weniger gefährlich als bei großen Teilen.

Die Sperre von Assuan ist jetzt an Größe noch übertroffen durch den im vorigen Jahre in Betrieb genommenen Staudamm bei Sennar am Blauen Nil[2]), Abb. 2. Er bildet einen Teil der vorgesehenen Kultivierungsarbeiten des Sudan, eines ungeheuer großen Landstriches, der sich von Uganda im Süden bis Nubien im Norden und vom Roten Meer und Abessinien im Osten bis zum Kongo und der Seenkette im Westen erstreckt. Seit 1900 sind die Engländer dabei, das Land zu erschließen und zu kultivieren. Es besteht jetzt von Uganda eine Verbindung, teils zu Schiff, teils mit der Bahn, nach Assuan und an das Rote Meer, womit für den Sudan die Grundlage für einen großen wirtschaftlichen Aufschwung geschaffen ist.

Das weite Land ist mit 5 Mill. Einwohnern nur schwach bevölkert. Die Landwirtschaft ist auch ohne Bewässerung in bescheidenem Umfange möglich, da öfters Regen fällt und das Klima sehr günstig ist. Am besten zur Kultivierung und vor allem zum Anbau von Baumwolle eignet sich die Ebene von Gesireh, zwischen dem Weißen und dem Blauen Nil, die sich bei Khartum zum Nil vereinigen, Abb. 1 und 2. Als günstigster Platz für ein Staubecken zur Bewässerung von Gesireh erwies sich Makwar, 10 km oberhalb Sennar am Blauen Nil. Hier besteht das Flußbett aus Granit und bildet mitten im Fluß eine Insel, die beim Bau der Sperre gut benutzt werden konnte, um auf einer Seite im Trockenen zu bauen und auf der andern Seite das Flußwasser abzuführen. Das Niedrigwasser liegt hier auf Höhe 404. Der Wasserstand im Becken mußte bis auf Höhe 421 gestaut werden, um außer der Bewässerung noch eine sichere Wasserreserve zu gewährleisten. Die technische Aufgabe war etwa die gleiche wie bei Assuan. Schwieriger zu lösen waren in diesem Fall die politischen Fragen, die hier mitspielten.

1914 wurde mit dem Bau begonnen, der aber bis Kriegsausbruch nicht über einige Vorarbeiten hinaus gedieh und dann bis 1921 völlig unterbrochen wurde. Mit großer Zähigkeit und Energie brachten es die Engländer fertig, bis zum Sommer 1925 die Sperre zu vollenden, so daß sie am 21. Januar 1926 eingeweiht und dem Betrieb übergeben werden konnte.

Die Sperre hat die ungeheure Länge von 3025 m und eine größte Gesamthöhe von 39,6 m. Sie besteht aus verschiedenen Abschnitten, teils aus Massivmauerwerk, teils aus befestigten Erddämmen. Der massive Teil hat trapezförmigen Querschnitt mit 25 m größter Sohlenbreite und 7 m Breite an der Krone. Die Sperre bildet gleichzeitig eine Brücke für die Sudan Government Railway und ist heute bei weitem die größte Sperre der Welt.

Die Arbeitzeit beim Bau konnte sich jeweils nur auf 9 Monate im Jahr erstrecken, nämlich von Ende Oktober bis Ende Juli, da während der übrigen Zeit Hochwasser herrscht. In der Bauzeit von 1921 bis 1922 wurden die Einrichtungen für Arbeiterwohnungen, Beschaffung und Beförderung von Baustoffen, Zementherstellung und einige Geländeausgleichungen ausgeführt. 1922 bis 1923 wurden die Teile der Mauer hergestellt, die mit gewöhnlichen Mitteln ausgeführt werden konnten. Der schwierigste mittlere Teil wurde 1923 bis 1924 gegründet und damit die Hauptarbeit beendet. Die weiteren Arbeiten waren verhältnismäßig einfach und wurden in dem Bauabschnitt 1924 bis 1925 ausgeführt. Auch die Öffnung von 180 m die für den Wasserabfluß vorgesehen war, wurde in dieser Zeit geschlossen, alle Teile bis zu ihrer fertigen Höhe geführt und die maschinentechnischen Einrichtungen angebracht. Mit Beginn des Hochwassers im Juli 1925 trat die Sperre in Wirksamkeit. Das gesamte Mauerwerk der Sperre hat 425 000 m³ Rauminhalt, die Höchst-

[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 210.

Abb. 3
Blick auf die Unterwasserseite des Sennar-Staudammes

Abb. 4
Blick auf die zum Ausgleich von Hochwasserwellen dienenden Schützenöffnungen vom Oberwasser her

Abb. 5
Krananlage zum Öffnen und Schließen der Schützen für den Flutablaß

zahl der jeweils beschäftigen Arbeiter belief sich auf 20 000 Mann, davon die Hälfte Ägypter. Gleichzeitig mit dem Bau der Sperre wurden auch der Hauptkanal und die Nebenkanäle für die Bewässerung gebaut. Die gesamten Baukosten sollen sich auf 12 Mill. £ belaufen. Diese ungewöhnlich hohen Kosten machen sich aber doch bezahlt; denn die Gesireh-Ebene hat den besten Baumwollboden der Welt und trug bisher nur spärliches und schlechtes Federgras. Nähere Einzelheiten über Bauart und Bauausführung der Sperre, Abb. 3 bis 5, sind im „Egineering"[3]) angegeben.

Ein amtlicher Plan über die in Aussicht genommenen Anlagen ist nach M. Denizet[4]) noch nicht veröffentlicht. Jedoch werden die von ihm angeführten Vermutungen wohl das Richtige treffen: Das Becken von Assuan reicht gerade für die Bewässerung der 1 260 000 ha, die zur Zeit in Ägypten kultiviert sind, aus. Hiervon werden noch 420 000 ha in Oberägypten von Stauanlagen aus bewässert, außerdem sind 925 000 ha im Delta noch unbebautes Land. Zur Sicherstellung der ganzjährigen Bewässerung aller dieser Gebiete ist es erforderlich, im Becken von Assuan eine Zusatzmenge von 6 Milliarden m³ aufzuspeichern. Man rechnet mit Ausführung der hierfür notwendigen Arbeiten bis etwa 1955.

[3]) Bd. 121 (1926) S. 104 u. 310.
[4]) „Annales des Ponts et Chaussées" Bd. 96 (1926) S. 59.

Die in der Sennar-Sperre für die Gesireh-Ebene aufgespeicherte Wassermenge von 500 Millionen m³ reicht für 126 000 ha aus. Für die in Aussicht genommenen 420 000 ha der Gesireh-Ebene wäre eine weitere Staumenge von 1,5 Milliarden m³ nötig. Weiter hat man ermittelt, daß die jährliche für Ägypten und die Gesireh-Ebene notwendige Wassermenge 55 Milliarden m³ betragen würde. Da die jährliche Wasserführung des Nil zwischen 60 und 115 Milliarden m³ schwankt, muß sich dieser Bedarf auch decken lassen. Der Bedarf für die zunächst vorgesehene Kultivierung der Gesireh-Ebene wird sich infolge günstiger Erntezeitbedingungen und dadurch erreichter Wasserersparnis leicht durch Erweiterung der Sennar-Sperre oder durch Anlage einer zweiten Sperre oberhalb Sennar decken lassen.

Ausnutzbares Wasser ist aber noch im Weißen Nil vorhanden. Dort ist auch bei Gebel Aulia, Abb. 2, der Bau eines Sperrdammes vorgesehen, den die Ägypter ausführen wollen, da er nur für sie und nicht für den Sudan nützlich ist. Es bleibt also nach den ausgeführten Berechnungen im ganzen ein Bedarf von 8,5 Milliarden m³ zu decken, der bei Khartum verfügbar sein muß. Hierfür gibt es drei Möglichkeiten:

1. Ein Sammelbecken am Weißen Nil bei Gebel Aulia,
2. den Weißen Nil in das erweiterte Bett des Sobat umleiten, um die ungeheuren Wasserverluste zu vermeiden, die die vom Weißen Nil durchflossenen Sümpfe verursachen,
3. die Heranziehung des Albert-Sees mit Anlage eines Kanals durch die Sümpfe, um die eben genannten Verluste zu vermindern.

Die erste dieser drei Möglichkeiten ist vorläufig beschlossen und scheint schon in Angriff genommen zu werden. Das Becken bei Gebel Aulia wird allerdings nur etwa 2¼ Milliarden m³ enthalten, aber für den ersten Bedarf wird das genügen. Die Mitte des Sperrdammes wird massiv werden, die Seitenteile werden aus Erddämmen bestehen. Höhe des Mittelteils etwa 17 m, Kosten rd. 20,6 Mill. *M*.

Die beiden andern Möglichkeiten werden trotz des Baues dieser Sperre weiter verfolgt. Sie versprechen bei allerdings sehr hohen Kosten großen Erfolg, jedoch ist noch keine Entscheidung darüber gefallen, ob einer der beiden Pläne ausgeführt werden soll.

Zwei andere Vorschläge beziehen sich noch auf die erneute Erhöhung der Sperre bei Assuan und auf die Anlage einer Reihe artesischer Brunnen im nördlichen Teil des Deltas, 80 km von der Meeresküste entfernt, für den Fall, daß Wasserverluste eintreten. [B 2685]

Schäden durch Schweißplastik

Schweißplastik nennt Schottky[1]) das Schmelzschweißverfahren, das zur Formgebung bei Umänderungen oder zur Wiederherstellung der Abmessungen abgenutzter Werkstücke dient. Wie zahlreiche in der Versuchsanstalt der Fried. Krupp A.-G. untersuchte Brüche an Stücken mit aufgetragener Schweißung (die Schweißungen stammten alle aus werksfremden Betrieben) zeigen, wird den mechanischen Eigenschaften des aufgetragenen Stoffes und den Rückwirkungen des Aufschweißens auf die Werkstücke — anders als bei Schweißverbindungen — wenig Beachtung geschenkt.

Bei je einem im Betriebe gebrochenen Radreifen eines Eisenbahnwagen- und eines Straßenbahnwagen-Rades zeigte die Schliffuntersuchung, daß die abgenutzten Spurkränze durch Aufschweißen neuen Werkstoffes instand gesetzt worden waren, und daß der Bruch im Spurkranz begann. Ein außerordentlich stark abgenutztes Stück einer Walzenkupplung war — wie die metallographische Untersuchung zeigte — durch Auftragen von Schweißgut und nachher durch Nacharbeiten auf die ursprüngliche Kleeblattform gebracht worden. Es ist nach kurzem Gebrauche gebrochen. Der Bruch war von mehreren Stellen des Umfanges aus nach dem Inneren hin fortgeschritten. Einen beschädigten Lagerzapfen einer Schnellbahn-Wagenachse hatte man abgedreht und dann durch Auftragen von Schweißgut mit Hilfe elektrischen Schweißens wieder auf seinen früheren Durchmesser gebracht. Er zeigte einen von der Oberfläche ausgehenden Dauerbruch. Das Schweißgut war mit vielen Poren und dunklen Schlackenteilen durchsetzt. Ähnlich verhielt es sich mit einer großen Welle, deren ganzen, die Keilnuten tragenden Teil man durch Schweißplastik verstärkt hatte.

[1]) Kruppsche Monatshefte Bd. 7 (1926) S. 213.

Stets geht der Bruch von der Schweißung aus. Der aufgetragene Werkstoff hat wegen seines niedrigen C-Gehaltes und vor allem durch die zahlreichen Poren und Schlackeneinschlüsse nur geringe Festigkeit. Bei Dauerbeanspruchung entstehen daher zusammenhängende Risse, die auf ihre Unterlage als Kerbe wirken. Das Auftragen von Schweißgut verstärkt die Gefahr des Brechens erheblich. Außerdem erleidet die Grundmasse durch das Schweißen eine Oberflächenveränderung durch Überhitzen und schwaches Härten. Die Änderung des Gefüges wurde metallographisch nachgewiesen; die Härte stieg von 195 auf 300 Brinell-Einheiten. [N 166] M. W. N.

Berechnung der Wasserspiegellage

Von Baurat Dr.-Ing. Böß, Karlsruhe

Auszug aus Heft 284 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure

Berechnung von Wasserspiegellagen für solche Fälle, bei denen der Fließzustand wechselt und infolgedessen eine Berechnung mit den gebräuchlichen Formeln nicht mehr gelingt. Das ist besonders bei starken Querschnittverengungen oder Querschnitterweiterungen der Fall. Berechnung von zeitlich veränderten Bewegungen unter Berücksichtigung des Fließzustandes.

Berechnung der Wasserspiegellage beim Wechsel des Fließzustandes

Die Berechnung der Wasserspiegellage mit Hilfe der für den ungleichförmigen Abfluß gebräuchlichen Formel:

$$h = \frac{u_1^2 - u_2^2}{2\,g} + \frac{Q^2\,p_m\,l}{F_m^3\,c^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1),$$

worin

h den absoluten Höhenunterschied des Wasserspiegels in zwei Querschnitten 1 und 2,

u_1 die mittlere Wassergeschwindigkeit im flußabwärts liegenden Querschnitt,

u_2 die mittlere Wassergeschwindigkeit im flußaufwärts liegenden Querschnitt,

F_m und p_m die zwischen beiden Profilen liegende mittlere Fläche und den mittleren benetzten Umfang,

l die Entfernung der beiden Profile,

c den Geschwindigkeitsbeiwert,

Q die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt strömende Flüssigkeitsmenge und

g die Erdbeschleunigung

bedeutet, gelingt nur in solchen Fällen, bei denen die Geschwindigkeit des Wassers innerhalb der gesamten in Betracht gezogenen Flußstrecke entweder über oder unter der Wellengeschwindigkeit liegt.

Den Grenzwert für diesen Übergang bildet die theoretische Grenztiefe

$$t_{Gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2\,g}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2),$$

wenn B die Flußbettbreite bezeichnet. Für diesen Wert von t ist die Wellengeschwindigkeit $\sqrt{g\,t_0}$ vorhanden, während bei größeren Werten von t die Wassergeschwindigkeit kleiner als die Wellengeschwindigkeit, bei geringeren Wassertiefen dagegen größer als die Wellengeschwindigkeit wird. Wir sprechen im ersten Fall von strömendem, im zweiten Fall von schießendem Abfluß. Der Unterschied, der zu jeder Höhenlage der Energielinie — das ist die Verbindungslinie der auf den Wasserspiegel aufgesetzten Geschwindigkeitshöhen — gehörenden beiden Wassertiefen t_o und t_u ergibt sich zu

$$t_o - t_u = \frac{H - 3\,t_u}{2} \pm (H - t_u)\sqrt{0{,}25 + \frac{t_u}{H - t_u}} \quad . \quad (3),$$

worin H die Höhenlage der Energielinie über der Sohle und t_u die zu dieser Energielinie gehörige, schießendem Abfluß entsprechende Wassertiefe bedeutet.

Ein Übergang vom Schießen zum Strömen in einem Flußbett mit strömendem Normalabfluß, d. h. in einem Flußbett, das infolge seiner Eigenschaften einen gleichförmigen Abfluß mit geringerer als Wellengeschwindigkeit hat, ist, wie Abb. 1 erkennen läßt, niemals stetig möglich. Ein solcher Übergang, der durch einen Einbau oberhalb erzeugt werden kann, muß sich vielmehr in Form eines Wechselsprunges vollziehen. Die Unmöglichkeit eines stetigen Überganges wird anschaulich durch die Energielinie erklärt. Das Gefälle der Energielinie ist bei sonst gleichen Verhältnissen nur abhängig von der Wassertiefe. Je geringer die Wassertiefe ist, desto größer muß die Geschwindigkeit und damit auch das Gefälle der Energielinie werden, da in diesem lediglich die Bewegungsverluste zum Ausdruck kommen. Bei der Voraussetzung eines stetigen Überganges würde sich bei der Berücksichtigung dieser Beziehung zwischen dem Gefälle der Energielinie und der Wassertiefe stets ein Widerspruch ergeben. Aus diesem Grunde kann sich ein Übergang vom Schießen zum Strömen nur im Schnittpunkt der beiden Energielinien als plötzlicher Sprung von der einen Wassertiefe zur andern ausbilden.

Die gleiche Unmöglichkeit eines stetigen Überganges ergibt sich auch bei einem Flußbett mit schießendem Normalabfluß. Auch hier findet daher der Übergang vom Schießen zum Strömen im Schnittpunkt der beiden Energielinien in Form eines Wechselsprunges statt. Ein Unterschied gegenüber dem gleichen Vorgang bei strömendem Normalabfluß besteht lediglich darin, daß dieser Zustand durch Anstau von unten her erzeugt werden muß.

Der umgekehrte Übergang vom Strömen flußabwärts zum Schießen läßt sich in einem stetigen Flußbett praktisch nicht erreichen; ein Umstand, der bei der Verfolgung der Energielinie an der Übergangstelle dadurch zum Ausdruck kommt, daß sich in diesem Fall ein Schnittpunkt der Energielinien nicht ergibt. Findet dagegen ein Gefäll- oder Rauhigkeitswechsel im Flußbett statt, so kann sich ein solcher Übergang einstellen und ist, wie aus Abb. 2 zu ersehen, einer schematischen Behandlung mittels der Energielinie zugängig. Der Übergang selbst, d. h. die theoretische Grenztiefe, liegt hierbei im Gefällknick oder an der Stelle, an welcher der Wechsel der Rauhigkeit stattfindet.

Übergänge vom Strömen zum Schießen und umgekehrt treten fernerhin bei Querschnittverengungen und -erweiterungen in solchen Fällen auf, bei denen die Höhenlage der Energielinie innerhalb der Unstetigkeit auf Grund der dort veränderten Reibungsgefälle kleiner als die der Wassermenge entsprechende Mindesthöhe werden würde. In Abb. 3 und 4 sind die Berechnungsergebnisse derartiger Fälle zeichnerisch dargestellt. Diese Berechnung beginnt im Querschnitt 0, ausgehend von der theoretischen Grenztiefe, und läßt sich flußabwärts bei einer Wassertiefe unterhalb der Grenztiefe bis wiederum zur Grenztiefe fortführen. Im Schnittpunkt der neuen gehobenen Energielinie mit derjenigen für Normalabfluß stellt sich der Wechselsprung ein.

Auch bei einer Querschnitterweiterung kann infolge der innerhalb der Erweiterung veränderten Reibungsgefälle die Energielinie ihre Mindesthöhe unterschreiten, so daß, wie Abb. 4 zeigt, auch hierbei der strömende Abfluß in den schießenden übergehen muß.

Abb. 1
Schematische Darstellung eines Überganges vom Schießen zum Strömen in einem stetigen Flußbett mit strömendem Normalabfluß

Abb. 2
Übergang vom Strömen zum Schießen, ermöglicht durch einen Rauhigkeitswechsel des Flußbettes

Abb. 3
Berechneter und beobachteter Wasserspiegel für eine Querschnitteinengung in einem rechteckigen Flußbett von 40 m Sohlenbreite, bei 550 m³/s Wassermenge und einem Rauhigkeitsbeiwert $n = 0{,}0202$

Abb. 4
Berechneter Wasserspiegel für eine Querschnitterweiterung in einem rechteckigen Flußbett von 40 m Sohlenbreite, einer Wassermenge $Q = 550$ m³/s und einem Rauhigkeitsbeiwert $n = 0{,}0202$

Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich der Wasserspiegel bei Normalabfluß nur wenig über oder unter der theoretischen Grenztiefe befand.

Bei der Berechnung des Wechselsprunges im Schnittpunkt der beiden Energielinien wird ein Energieverlust im Wechselsprung nicht berücksichtigt. Tritt ein solcher infolge starker Mischverluste auf, so muß dieser mit Hilfe der von Koch entwickelten Stützkrafttheorie ermittelt werden. Der Schnittpunkt der beiden Energielinien wird sich dadurch um den Wert $l = \frac{h_r}{J_e}$ flußaufwärts verschieben, wenn h_r den in Arbeitshöhe umgerechneten Mischverlust und J_e das Einheitsgefälle der Energielinie bedeutet.

In allen Fällen, bei denen Übergänge vom Schießen zum Strömen oder umgekehrt stattfinden, läßt sich die Wasserspiegellage nicht mehr mit Gl. (1) berechnen, sondern muß auf die in Abb. 3 und 4 dargestellte Weise ermittelt werden.

Die vorstehenden Ausführungen können insbesondere bei der Ermittlung von Querschnitänderungen verwendet werden, da es hier oft von Bedeutung ist, einen Übergang derart zu gestalten, daß ein Fließwechsel nicht auftritt, zumal die starke Senkung des Wasserspiegels große Geschwindigkeiten und damit Angriffe auf die Flußsohle hervorruft.

Zeitlich veränderliche Wasserbewegungen in offenen Gerinnen[1])

Die Kenntnis und Vorausberechnung der zeitlich veränderlichen Wasserbewegungen in offenen Gerinnen oder Freispiegelstollen ist für die Anordnung der Überlaufanlage in Werkkanälen sowie für Schiffahrts- und Schleusenkanäle von Wichtigkeit. Auch hier muß zwischen den Vorgängen ohne und mit Wechsel des Fließzustandes unterschieden werden. Während sich bei strömendem Normalabfluß ein Schwall sowohl flußaufwärts als auch flußabwärts auszubreiten vermag, kann bei schießendem Normalabfluß infolge der Überwellengeschwindigkeit des Wassers ein solcher nur flußabwärts wandern. Einen Anstieg des Wassers über die Beharrungslage bezeichnen wir als positiven Schwall, eine Absenkung dagegen als negativen Schwall. Für den flußaufwärts wandernden positiven Schwall führte Forchheimer den Ausdruck Stauschwall, für den abwärts wan-

Abb. 5
Berechnete und beobachtete Schwallhöhen bei strömendem und schießendem Normalabfluß und völligem Abschluß des Wasserlaufes

[1]) Gekürzte Habilitationsschrift, eingereicht an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Berichter: Geh. Oberbaurat Prof. Dr.-Ing. Th. Rehbock. Mitberichter: Prof. Spannhake.

Abb. 6 bis 11
Zeitlicher Verlauf des Wasserspiegels bei vollständiger Entfernung der Stauwand in einem rechteckigen Gerinne

dernden dagegen den Ausdruck Füllschwall ein. Ebenso wird der negative Schwall, wenn er flußaufwärts wandert, als Entnahmesunk, wenn er flußabwärts wandert, als Absperrsunk bezeichnet.

Sieht man von den Einflüssen der Bewegungsverluste ab, d. h. betrachtet man die Vorgänge in der Nähe der Entstehungsstelle des Schwalles, so ergibt sich für dessen Höhe unter Anwendung des geraden zentralen unelastischen Stoßes die Gleichung[2]:

$$h = \frac{\Delta u^2}{4g} + \Delta u \sqrt{\frac{t_0}{g}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Hierin bedeutet Δu den Unterschied der Wassergeschwindigkeiten vor und nach der Schwallbildung, während t_0 die Wassertiefe für Normalabfluß bezeichnet.

Wird die Normalwassermenge von Q_0 auf Q vermindert, so ergibt sich die Schwallhöhe zu:

$$h = \sqrt{\left(\frac{B\, t_0 \sqrt{t_0 g} - Q_0}{2\sqrt{t_0 g}\; B}\right)^2 + \frac{t_0}{g}\left(\frac{Q_0}{B} - \frac{Q}{B}\right)} - \frac{B\sqrt{t_0 g}\; t_0 - Q_0}{2\sqrt{t_0 g}\; B} \quad (5).$$

Bei vollständigem Abschluß eines Wasserlaufes ergibt sich die geringste Höhe von Wassertiefe + Schwallhöhe, wenn die Wassertiefe $t_0 = \sqrt[3]{\frac{Q_0^2}{B^2 g}}$ ist, d. h. wenn der Abfluß vor der Schwallbildung in der Grenztiefe erfolgte und damit die Wassergeschwindigkeit gleich der Wellengeschwindigkeit $\sqrt{g\, t_0}$ war. Die Höhe von Wassertiefe + Schwallhöhe wird alsdann

$$(h + t_0)_{min} = 2\,{}^1\!/_4\, t_0 = 2\,{}^1\!/_4\, t_{Gr} \quad (6).$$

In Abb. 5 ist dieser Mindestwert von Schwallhöhe + Wassertiefe auch aus den Beobachtungspunkten deutlich ersichtlich, die sehr gut mit den berechneten Werten übereinstimmen.

Von den negativen Schwallen ist besonders der größte zu erwartende Abfluß aus Gerinnen bei vorher ruhendem Wasserspiegel und vollständiger Entfernung der Stauwand von Wichtigkeit. Die Berechnung ergibt für die hierbei auftretende größte Wassergeschwindigkeit

$$u_{max} = 0{,}430 \sqrt{g\, t_0} \quad . \quad (7),$$

wenn t_0 die ursprüngliche Wassertiefe bedeutet. Die alsdann auftretende größte negative Schwallhöhe ergibt sich zu

$$h_{max} = 0{,}477\, t_0 \quad . \quad . \quad (8)$$

und endlich die größte auf 1 m Breite ausfließende Wassermenge zu

$$q_{max} = 0{,}225\, t_0^{3/2} \sqrt{g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Ein derartiger Versuch ist in Abb. 6 bis 11 dargestellt, wobei die Ausgangswassertiefe $t_0 = 17$ cm betrug.

Erfolgt die Schwallbildung nicht aus der Ruhe, sondern kommt bereits die Wassermenge q_0 auf 1 m Breite zum Abfluß, so berechnet sich bei einer auf q (wiederum für 1 m Breite) vermehrten Wassermenge die auftretende Schwallhöhe h zu

$$h = \frac{t_0}{2} - \frac{q_0}{2\sqrt{g\, t_0}} - \sqrt{\frac{t_0^2}{4} + \frac{t_0\, q_0}{2\sqrt{g\, t_0}} + \frac{q_0^2}{4\, g\, t_0} - \frac{q\, t_0}{\sqrt{g\, t_0}}} \quad . \quad . \quad (10).$$

Die Vorgänge der Schwallbildung bei schießendem Normalabfluß gehen aus Abb. 12 hervor. Eine Schwallbildung bei Verminderung der Wassergeschwindigkeit ist hierbei ohne Auftreten eines Fließwechsels nicht möglich, da sich, wie ersichtlich, die berechnete Wassermenge bei geringer Verzögerung des Wassers zunächst größer als die Normalwassermenge ergeben würde, so daß keine Wassermasse zur Auffüllung des Schwallraumes zur Verfügung stände. Außerdem kann der Schwall wegen der Überwellengeschwindigkeit des Wassers nicht aufwärts wandern. Bei weiterer Verzögerung entsteht als Grenzfall der Wechselsprung, bei dem $Q = Q_0$ ist, wodurch ein Fließwechsel eingeleitet wird, so daß nunmehr bei noch weiterem Anstau ein positiver Schwall, der den Wechselsprung überlagert, aufwärts wandern kann. Die aus der Gleichsetzung der beiden Wassermengen $Q = Q_0$ entstehende Gleichung für die Schwallhöhe ist somit auch gleichzeitig das Maß für die Höhe des Wechselsprunges. Sie lautet:

$$h = \frac{u_0}{2g}\left[\sqrt{g\, t_0} + \frac{u_0}{4} + \sqrt{\frac{u_0}{2}\sqrt{\sqrt{g\, t_0} + \frac{u_0}{8}}}\right] - t_0 \quad (11).$$

Diese Gleichung stimmt mit den zahlreichen im Modell aufgenommenen Längsschnitten durch Wechselsprünge sehr gut überein. [M 2637]

[2] Siehe Feifel, Über die veränderliche nicht stationäre Bewegung in offenen Gerinnen. Forschungsarb., herausgeg. vom V. d. I., Heft 205, Berlin 1914, VDI-Verlag.

Abb. 12. Beziehungen zwischen Wassermenge, Schwallhöhe und Wassertiefe bei schießendem Normalabfluß und zunehmender Verzögerung der Wassergeschwindigkeit

Bauzeit und Arbeitsplan für Kanalbauten

Von Dr.-Ing. H. Behring, Schwiecheldt, Kreis Peine, Bauleiter der Firma Philipp Holzmann A.-G., Frankfurt a. M.

Allgemeine Vorausbestimmung der im Jahre nutzbaren Baggerzeiten und der Leistungen von Eimerketten-Baggern und Löffelbaggern — Bestimmung der einzusetzenden Bagger und der für den Baggerbetrieb, sowie für die Einrichtung und Abrüstung der Baustelle erforderlichen Zeiten — Aufstellung des Arbeitsplanes: Lageplan, Längsschnitt, Massenplan, Zeitplan; Berücksichtigung der Nebenarbeiten

Zu den vorbereitenden Arbeiten für die Ausführung größerer Erdarbeiten, insbesondere von Kanalbauten, gehört u. a.[1]) die Ermittlung der erforderlichen Bauzeit und die Aufstellung eines umfassenden Arbeitsplanes.

Vorausbestimmung der Bauzeit

Die Bauzeit eines Loses umfaßt den Zeitraum von der Zuschlagerteilung an den Unternehmer bis zur Fertigstellung der Bauarbeiten dieses Loses und Räumung der Baustelle. Die Bauzeit wird in der Regel vom Bauherrn ermittelt und dem Unternehmer im Vertrage vorgeschrieben.

Wichtig ist es für den Bauherrn, daß das Bauwerk schnell fertiggestellt wird, damit es bald Nutzen bringen kann und die bei der Bauausführung entstehenden Verwaltungskosten möglichst klein werden. Aus technischen Gründen bedarf aber die Ausführung des Bauwerkes einer gewissen Mindestfrist. Im allgemeinen gestaltet sich die Bauausführung wirtschaftlicher, wenn diese Mindestfrist überschritten wird; so ist es z. B. bei Kanal-Erdarbeiten wirtschaftlicher, nur in Tagschichten, statt in Tag- und Nachtschichten zu arbeiten, im Winter den Betrieb ruhen zu lassen statt durchzuarbeiten, unter gewissen Umständen statt zweier Bagger nur einen einzusetzen usw. Es ist daher bei jedem Bauvorgang zu prüfen, ob die Vorteile einer nur auf Wirtschaftlichkeit abgestellten Bauausführung die Nachteile der damit verbundenen längeren Bauzeit überwiegen.

Gewöhnlich wird es dem Bauherrn möglich sein, die Bauzeit nach den wirtschaftlichen Belangen der Bauausführung zu bemessen. Die Bauzeit soll daher unter dieser Voraussetzung ermittelt werden. Sie setzt sich aus der Zeitdauer der Baggerarbeiten („Baggerbetriebzeit") und der Zeit, die zur Einrichtung und Abrüstung der Baustelle erforderlich ist, zusammen.

Leistungen des Baggerbetriebes

Die Baggerbetriebzeit. Bezeichnet M die gesamten von den Baggern auszuhebenden Bodenmengen eines Loses in Kubikmetern und L die mittlere Jahresleistung des eingesetzten Geräteparks, so könnte die Baggerbetriebzeit $T = \frac{M}{L}$ gesetzt werden, wenn alle Bagger zu gleicher Zeit zu arbeiten anfingen und aufhörten, wenn also die erste Aufstellung aller Bagger gleichzeitig beendet und jedem Bagger gerade soviel Aushubmassen zugeteilt würden, wie seiner Leistungsfähigkeit in der betreffenden Bodenart und unter den vorliegenden Verhältnissen entsprechen. Dies ist zur Verkürzung der Bauzeit anzustreben, läßt sich jedoch nie ganz erreichen.

Die Baggerbetriebzeit muß deshalb für jeden einzelnen Bagger entsprechend seiner Leistungsfähigkeit und den von ihm zu leistenden Massen berechnet, und die Bauzeit nach der längsten vorkommenden Baggerbetriebzeit bestimmt werden.

Jährliche Baggerbetriebstunden. Die jährliche Baggerleistung ist das Produkt aus der Anzahl der nutzbaren Baggerstunden und der gemittelten stündlichen Baggerleistung im Jahr. Beide Faktoren werden durch die Witterung stark beeinflußt, die der Bauausführung sehr günstig („gutes Baujahr") oder sehr ungünstig sein kann („schlechtes Baujahr", das zweckmäßig der Berechnung der Bauzeit und der Aufstellung des Arbeitsplanes zugrunde gelegt wird).

Es ist üblich und wirtschaftlich richtig, den Baggerbetrieb im Winter, wenn Frost und Nässe die Leistungen außerordentlich stark herabsetzen, etwa zwei Monate lang ruhen zu lassen und diese Zeit zur Hauptinstandsetzung der Bagger und Fördergeräte auszunutzen. Es sollen daher bei der Feststellung der nutzbaren Baggertage zwei Wintermonate ausgeschaltet werden. Von 365 Kalendertagen im Jahre sind also für Dezember und Januar 62 Kalendertage, und für Sonn- und Feiertage (von Februar bis November 48 Kalendertage, zusammen 110 Kalendertage abzuziehen, so daß 255 Arbeitstage im Jahr übrig bleiben (bei katholischer Arbeiterschaft fallen weitere fünf Arbeitstage als Feiertage fort). Hiervon sind erfahrungsgemäß im Mittel die Baggerruhetage nach Zahlentafel 1 abzuziehen.

In Zahlentafel 1 und im folgenden bedeutet:

Leichter Boden = Sand, Kies, sandiger Lehm;
schwerer Boden = schwerer Lehm, Ton, Mergel.

EB = Eimerkettenbagger im allgemeinen und Eimerkettenbagger der Lübecker Masch.-Bauges., Bauart B 1919, für 250 l Eimerinhalt im besonderen.

LB = Löffelbagger im allgemeinen und 2 m³-Löffelbagger, Bauart G 19, der Fa. Menck & Hambrock, Altona, im besonderen.

[1]) Vergl. Dr.-Ing. H. Behring, Vorbereitende Arbeiten für die Ausführung größerer Erdarbeiten, insbesondere von Kanalbauten; „Die Bautechnik" Bd. 4 (1926) Heft 26.

Zahlentafel 1. Baggerruhetage

Veranlassung der Baggerruhetage	Im guten Baujahr EB-Betrieb Boden leichter	schwerer	LB-Betrieb Boden leichter	schwerer	Im schlechten Baujahr EB-Betrieb Boden leichter	schwerer	LB-Betrieb Boden leichter	schwerer
Regen und seine Nachwirkung	6	16	6	16	12	35	12	40
Frost und seine Nachwirkung	—	—	—	—	20	20	10	10
Beschädigung des Baggers	10	14	6	12	10	14	6	12
Umbau der Gleisanlage im Schacht	3	5	4	8	3	6	6	12
Summe der Baggerruhetage	19	35	16	36	45	75	34	74
Baggerbetriebstage	236	220	239	219	210	180	221	181

	Im mittelguten Baujahr EB-Betrieb Boden leichter	schwerer	LB-Betrieb Boden leichter	schwerer
Baggerbetriebstage	223	200	230	200

Die in Zahlentafel 1 zusammengestellten Zeiten sind nach meinen Erfahrungen im Betriebe von 2 EB und 4 LB während dreier Baujahre angegeben; Baggerruhetage infolge außergewöhnlicher Vorkommnisse wie Rutschungen, verspäteter Fertigstellung von Brücken, Ab- und Aufbaues von Baggern usw. sind in den Zahlen nicht enthalten. Derartige Ruhetage sind, falls sie sich voraussehen lassen, noch besonders zu berücksichtigen.

Im folgenden soll, für Eimerketten- und Löffelbagger gleich, im mittelguten Baujahr mit 225 Baggerbetriebstagen im Jahr in leichtem Boden und 200 Baggerbetriebstagen im Jahr in schwerem Boden gerechnet werden. Diese Baggerbetriebstage sollen sich auf die einzelnen Monate nach Zahlentafel 2 verteilen:

Zahlentafel 2. Baggerbetriebstage

Im Monat	Boden leichter	Boden schwerer
Februar	18	15
März	20	17
April	22	20
Mai	24	22
Juni	25	23
Juli	25	23
August	25	23
September	24	21
Oktober	23	20
November	19	16
Im Jahr	225	200

Die jährliche Baggerbetrieb-Stundenzahl ergibt sich durch Vervielfachen der Zahl der jährlichen Baggerbetriebstage mit der Zahl der täglichen Baggerbetriebstunden. Diese entspricht der gesamten täglichen Arbeitzeit, die vom Unternehmer angeordnet wird. Zur Zeit gilt in Deutschland der Achtstunden-Arbeitstag, der bei Tiefbauarbeiten um ein gewisses Maß überschritten werden kann, weil die Witterung einen größeren Ausfall von Arbeitstagen verursacht. Es ist daher üblich, im Sommerhalbjahr 9 und 10 h und zum Teil (Maschinenbedienung) noch länger in einer Schicht zu arbeiten.

Soll täglich länger als diese Zeit gearbeitet werden, so ist Mehrschichtenbetrieb erforderlich.

Bei Mehrschichtenbetrieb fällt je nach der Jahreszeit ein mehr oder weniger großer Teil der Arbeitzeit in die Nachtzeit, so daß die Arbeitstellen künstlich beleuchtet werden müssen. Zu den Beleuchtungskosten tritt der Nachteil, daß die Arbeiten, insbesondere die Zugfahrten, wegen der unsicheren Beleuchtung langsamer als bei Tage ausgeführt werden müssen, um Unfälle, Entgleisungen, Fehler beim Profilbaggern und dergl. zu vermeiden. Dies und der Umstand, daß die Arbeiter nicht so gut wie am Tage beaufsichtigt werden können, da die künstliche Beleuchtung nicht alles gut erkennen läßt, bedingt eine Verminderung der Leistungen in der Nachtzeit.

Besonders nachteilig macht sich der Schichtwechsel für die Geräte geltend: Die Bagger und Lokomotiven werden, da sie täglich von zwei verschiedenen Mannschaften bedient werden, nicht mit der sonst üblichen Sorgfalt und Schonung behandelt. Die Ausbesserungen der Geräte mehren sich daher bei Doppelschicht sehr und verursachen weiterhin einen Leistungsausfall, wenn sie statt in der nächtlichen Betriebpause, die nur wenige Stunden dauert, während der Baggerarbeitzeit vorgenommen werden müssen.

Die bei Baggerstillstand infolge Betriebstörung erforderliche Umstellung der Bagger- und Kippkolonnen zu Nebenarbeiten ist besonders in der Nachtzeit erschwert. Zu berücksichtigen ist ferner, daß bei Mehrschichtenbetrieb eine größere Anzahl von Lokomotiven, Rollwagen, Ersatzteilen, Baracken zur Unterbringung der Arbeiter usw. bereitgehalten werden muß.

Ich habe festgestellt, daß die Baggerleistungen bei einer Doppelschicht von zweimal 8 h in den Monaten Mai bis September in schwerem Boden im Mittel 15 vH geringer waren als die Leistungen in einfacher Schicht von 8 h.

In Abraumbetrieben, die großräumige Entnahme- und Ablagerungstellen, beste bestehenbleibende Einrichtungen, bodenständige Maschinenbedienung und gute elektrische Beleuchtung haben, arbeitet der Mehrschichtenbetrieb günstiger als in Baubetrieben. Im allgemeinen ist für Kanalbauten die einfache Schicht, die möglichst lange dauert und mit Tageslicht arbeitet, am wirtschaftlichsten. Zum Mehrschichtbetrieb sollte nur dann gegriffen werden, wenn eine Abkürzung der sich beim Einschichtbetrieb ergebenden Bauzeit dringend notwendig ist oder sich der Unternehmer mit der geforderten Leistung im Rückstande befindet.

Für die Ermittlung der Bauzeit wird also mit einfacher Dienstschicht gerechnet. — Um die in den Pausen infolge des Kohlenverbrauchs und der Wartung der Maschinen entstehenden Kosten zu sparen und eine höhere Tagesleistung zu erreichen, ist es zweckmäßig, die Baggerbetriebe in den Pausen ganz oder zum Teil durcharbeiten zu lassen. Auf diese Weise wird ein verhältnismäßig langer Baggerbetrieb bis 12 h in einfacher Dienstschicht erreicht. Entsprechend den vorangegangenen Ausführungen und der jeweiligen Dauer des Tageslichts in Norddeutschland wird die Zahl der täglichen Baggerbetriebstunden angenommen zu

8 h im Februar und November,
9 „ „ Oktober,
10 „ „ März,
11 „ „ September und
12 „ von April bis August.

Die Anzahl der sich hieraus ergebenden Baggerbetriebstunden ist in Zahlentafel 3 zusammengestellt.

Zahlentafel 3. Baggerbetriebstunden

Im Monat	In leichtem Boden	In schwerem Boden
Februar	144	120
März	200	170
April	264	240
Mai	288	264
Juni	300	276
Juli	300	276
August	300	276
September	264	231
Oktober	207	180
November	152	128
Im mittelguten Baujahr	2419	2161

Im Mittel 10,8 Baggerstunden an einem Baggertag

Dementsprechend stehen folgende Baggerbetriebstunden zur Verfügung:

	In leichtem Boden	In schwerem Boden
Im guten Baujahr	2560	2380
„ schlechten „	2320	1940

Durchschnittliche Baggerleistungen im Jahre. Die Leistung eines Baggers wechselt in den in einem Jahre nutzbaren Baggerbetriebstunden ständig, obwohl in ihnen der Einfluß der Witterung, der Ausbesserungen am Bagger und Gleisumbauten zum größten Teile bereits ausgeschaltet ist. Die stündliche Baggerleistung würde am höchsten und gleichbleibend sein, wenn der Bagger ununterbrochen voll arbeiten würde. Es treten jedoch innerhalb der Baggerbetriebstunden vielfach kleinere Betriebunterbrechungen ein, z. B. infolge von Hindernissen im Boden (Wasser, Steine usw.), kleineren Geräteausbesserungen, Entgleisungen, kurzen Regenfällen, Ausbleiben der Züge am Bagger usw. Auch das Gleisrücken, Gleisumlegen, Kohlenfassen des Baggers, das Baggern der Schachtendstrecken, die Baggerpausen, die zwischen Abfahrt eines vollen Zuges und Zufahrt eines Leerzuges zum Bagger und bei Beginn und Schluß der Arbeitschicht entstehen, und anderes mehr vermindern die Leistung mehr oder weniger. Die in einem Jahr gemittelte stündliche Baggerleistung wird also hoch oder niedrig ausfallen, je nachdem die vorliegenden zeit-

Zahlentafel 4. Durchschnittliche Leistungen im Jahre von Eimerkettenbaggern der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft in m³/h

Bauart / Eimerinhalt l	B 250			A 180			O 140			C 100			F 60		
a) höchste, b) niedrigste, c) mittlere Leistung in m³/h	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)
Bodenart:															
I. Loser Sand, Kies	180	120	150	125	85	105	90	60	75	70	45	67	45	30	37
II. Festgelagerter Sand und feiner, fester Kies, leichter, sandiger Lehm	140	90	115	100	65	80	70	45	67	50	32	40	30	20	25
III. Festgelagerter, grober Kies, schwerer Lehm und Ton, Mergel, Triebsand	90	70	80	70	55	62	45	35	40	30	23	26	20	16	18
IV. Moor, Schlick	80	50	65	60	38	50	35	22	28	25	16	20	15	9	12

Zahlentafel 5. Durchschnittliche Leistungen im Jahre von Löffelbaggern der Firma Menck & Hambrock, Altona, in m³/h

Bauart / Löffelinhalt m³	G 20 2,5			G 19/20 2			F_2 1,6			F_1 1,3			E 1,0		
a) höchste, b) niedrigste, c) mittlere Leistung in m³/h	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)
Bodenart:															
I. Loser Sand, Kies	130	95	110	110	80	95	80	60	70	70	50	60	55	40	47
II. Festgelagerter Sand und feiner fester Kies, leichter sandiger Lehm	110	60	85	90	50	70	70	40	55	55	30	42	45	25	35
III. Festgelagerter, grober Kies, schwerer Lehm und Ton, Mergel, Triebsand	75	50	62	60	40	50	45	30	37	30	20	25	—	—	—
IV. Schwerer Mergel, Trümmergestein, Fels (ohne Vorsprengen zu lösen), nasser Lehm	55	37	46	45	30	37	25	17	21	—	—	—	—	—	—

lichen und örtlichen Verhältnisse (Witterung, Boden, Anzahl und Gestalt der Schächte usw.) und die Betriebseinrichtungen von besonders günstigem oder ungünstigem Einfluß sind.

Nach Hugo Ritter und Rathjens[2]) und nach meinen Erfahrungen können für einen normal eingerichteten, in einfacher Schicht von 8 bis 12 h geführten Kanal-Baggerbetrieb im Jahresmittel die in Zahlentafel 4 bis 6 zusammengestellten Leistungen gelten.

Bei Baggerung unter Wasserhaltung sind die in Zahlentafel 4 angegebenen Leistungen je nach dem Wasserandrang zu verringern:

in Sand, Kies und Moor im Mittel um 10 vH
in sandigem Lehm . . „ „ „ 20 „
in schwerem Lehm, Ton,
Mergel . . . . . . „ „ „ 25 „

Zahlentafel 6. Mittlere Leistungen im mittelguten Baujahr von Eimerketten- und Löffelbaggern in m³

Im Monat	Eimerkettenbagger Lübecker M.-B.-G. Bauart B (250 l) in Bodenart I	II	III	IV	Löffelbagger Menck & Hambrock Bauart G 19 (2 m³) in Bodenart I	II	III	IV
Februar	21 600	16 550	9 600	7 800	13 700	10 100	6 000	4 450
März	30 000	23 000	13 600	11 050	19 000	14 000	8 500	6 300
April	39 600	31 800	19 200	15 600	25 100	18 500	12 000	8 900
Mai	43 200	33 100	21 200	17 150	27 400	20 200	13 200	9 750
Juni	45 000	34 500	22 100	17 950	28 500	21 000	13 800	10 200
Juli	45 000	34 500	22 100	17 950	28 500	21 000	13 800	10 200
August	45 000	34 500	22 100	17 950	28 500	21 000	13 800	10 200
September	39 600	31 800	18 500	15 000	25 100	18 500	11 550	8 550
Oktober	31 000	23 800	14 400	11 700	19 700	14 500	9 000	6 650
November	22 800	17 500	10 250	8 300	14 450	10 650	6 400	4 750
Im Jahr	362 800	281 050	173 050	140 450	229 950	169 450	108 050	79 950

Kommen verschiedene Bodenarten gemischt vor, so sind die Leistungen entsprechend zu mitteln. — Es ist zweckmäßig, der Vorausbestimmung der Bauzeit das mittelgute Baujahr und die mittlere durchschnittliche Baggerstundenleistung im Jahre zugrunde zu legen.

Bestimmung der einzusetzenden Bagger und der Baggerbetriebzeit

Mit Hilfe der angegebenen Leistungszahlen ist es möglich, die Betriebzeit für jeden Bagger vorauszubestimmen, wenn die von ihm auszuhebende Bodenmenge bekannt ist.

Die Boden- und Wasserverhältnisse zwingen zum Einsatz bestimmter Baggerarten (EB, LB oder Schwimmbagger); stehenbleibende Erdsätze unter Brücken, Hilfswegen usw. machen das Vorhalten von Löffelbaggern zweckmäßig. Je größer die Anzahl der Baggerschächte und Aushubmassen in einem Lose ist, desto mehr Bagger können eingesetzt werden. Die Baggerzahl darf jedoch nicht so groß werden, daß sich die Bagger oder Förderzüge gegenseitig stören. Gewöhnlich führt es zu Behinderungen, wenn zwei Bagger in einem Kanalschacht (sofern er nicht sehr lang ist) zu gleicher Zeit arbeiten.

Im allgemeinen ist der Betrieb mit wenigen leistungsfähigen Baggern wirtschaftlicher als mit vielen, weniger leistungsfähigen, da die Kosten für die An- und Abfuhr und Vorhaltung der Geräte, für Einrichtung und Abrüstung der Baustelle geringer sind und Leistungsminderungen infolge gegenseitiger Störungen vermieden werden. Es ist jedenfalls wirtschaftlicher, mit einem Eimerbagger, der fast ebenso viel leistet wie zwei Löffelbagger, zu arbeiten, statt mit zwei Löffelbaggern.

Um die günstigste Zahl der einzusetzenden Bagger zu bestimmen, erhöht man die durch die Boden- und Wasserverhältnisse bedingte Anzahl von Baggern entsprechend der Menge des auszuhebenden Bodens und der Anzahl der Schächte so lange, bis bei noch weiterer Erhöhung erhebliche gegenseitige Störungen der Baggerbetriebe zu erwarten sind, oder die Kosten der Vermehrung des Geräteparks die Ersparnisse, die durch Verkürzung der Bauzeit zu erreichen sind, übertreffen. Die Ermittlung der Baggerzahl in dieser Weise geschieht zweckmäßig an Hand eines Arbeitsplanes, der die örtliche und zeitliche Gestaltung des Betriebes erkennen läßt.

Sind die Bagger ihrer Art und Zahl nach und die Abschnitte, die von ihnen auszuheben sind, ermittelt, so ist zu prüfen, ob die Bodenmengen der einzelnen Abschnitte derart bemessen sind, daß sie von den einzelnen Baggern ungefähr in gleicher Zeit gebaggert werden können. Sind die Baggerzeiten zu sehr von einander verschieden, so ist zu versuchen, die Abschnitte und

[2]) H. Ritter, Kostenberechnung im Ingenieurbau, Berlin 1922, Julius Springer. J. Rathjens, Erfahrungsergebnisse über Trockenbaggerbetriebe, Berlin 1922, Wilhelm Ernst & Sohn.

Bodenmassen so zu verteilen, daß die Baggerzeiten ausgeglichen werden und damit die gesamte Bauzeit verkürzt wird.

Zeit für Einrichtung und Abrüstung der Baustelle

Man wird den Bagger, dessen Betriebzeit am längsten dauert, möglichst zuerst in Betrieb nehmen. Schlägt man zu der längsten vorkommenden Betriebzeit eines Baggers die Zeit hinzu, die für seine Einrichtung und Abrüstung und die der Baustelle notwendig ist, so erhält man die gesamte Bauzeit.

Die Zeit für Einrichtung und Abrüstung hängt vornehmlich von der Anlieferungsgeschwindigkeit der Geräte und Baustoffe, der Verladeanlage auf dem Lagerplatz und dessen Entfernung von den Baggerschächten ab. Es muß vorausgesetzt werden, daß der Unternehmer über die zum Bau notwendigen Geräte sofort bei Zuschlagerteilung verfügen kann und sie in betriebfähigem Zustande auf die Baustelle schickt, damit keine Zeitverluste durch Ausbesserungen entstehen.

Wichtig ist, daß die auf dem Lagerplatz anzulegenden Umladegleise, auf denen die zu entladenden und zu beladenden Wagen aufgestellt werden, so lang sind, daß der Güterumschlag rasch bewältigt werden kann.

Grundsätzlich ist danach zu streben, daß die An- und Abfuhr in solcher Reihenfolge und in solchen Zeitabständen vor sich geht, daß die Geräte und Baustoffe vom Eisenbahnwagen oder Schiff ohne Zwischenlagerung zu ihrer Verwendungstelle gebracht werden können. Die Bagger sollen also möglichst erst eintreffen, wenn das Fördergleis vom Lagerplatz bis zum Aufstellungsort des Baggers im Schacht verlegt ist. Derjenige Bagger wird daher als erster zu arbeiten anfangen können, dessen Schacht dem Lagerplatz am nächsten liegt.

Das Gleis, das im Baggerschacht erforderlich ist, und dasjenige, das den Baggerschacht mit der Kippe verbindet, kann ganz oder zum großen Teil in der Zeit verlegt werden, in der der Bagger zusammengebaut wird. Zur Ermittlung des Zeitbedarfs kann man annehmen, daß 25 Arbeiter in 8 h etwa 200 m Gleis verlegen. Ferner kann man rechnen:

für das Aufstellen eines EB etwa 20 Kalendertage,
„ „ „ „ LB „ 12 „
„ „ Abbrechen „ EB „ 18 „
„ „ „ „ LB „ 10 „

Werden in ein Los mehrere Bagger eingesetzt, so können sie und die dazu gehörigen Geräte nur nacheinander angeliefert und in Betrieb genommen werden. Behinderungen und Zeitverluste sind dabei nicht immer zu vermeiden. Im allgemeinen kann man rechnen, daß die Pause, die zwischen der Anlieferung zweier Bagger liegt, etwa acht Kalendertage beträgt.

Die Zeit, die für die Abrüstung der Baustelle notwendig ist, hängt wesentlich von dem Umfang der Baustelle und davon ab, wie weit die Nebenarbeiten zur Herstellung des Kanals und seiner Nebenanlagen (Kippen, Wege, Kunstbauten) gefördert sind. Im allgemeinen wird es möglich sein, alle Nebenarbeiten bis zur Außerbetriebsetzung des letzten Baggers mit Ausnahme gewisser Restarbeiten fertigzustellen. Zu diesen gehört u. a. der Ausbau der Schachtstrecke, die vom letzten Bagger zuletzt ausgehoben ist, und eines Teils der Kippe, die Beseitigung von Förderrampen und Hilfsbrücken, das Räumen des Baugeländes von Bau- und Gleisbettungsstoffen, von Baracken, Schuppen und dergleichen und das Urbarmachen des vorübergehend benutzten Geländes.

Kommen mehrere Bagger gleichzeitig außer Betrieb, so erhöht sich die Frist für die Abrüstung der Baustelle, da die Restarbeiten zum Teil nur nacheinander ausgeführt werden können. Die Vorausbestimmung der Abrüstungszeit ist nur an Hand eines sorgfältig aufgestellten Arbeitsplanes einigermaßen genau möglich. Das zuweilen angewendete Verfahren, die Abrüstungszeit gleich der halben Einrichtungszeit zu setzen, ist in der Regel falsch; der Abbruch der Geräte, Gleise, Baracken usw. geht zwar etwas (aber nicht um die Hälfte) schneller vor sich als der Aufbau, jedoch verursacht schon das Abbrechen der zahlreichen Baulichkeiten, das Abräumen der großen Mengen von Bau- und Gleisbettungsstoffen, die sich im Laufe der Baujahre angesammelt haben, und das Inordnungbringen des benutzten Geländes ganz erheblichen Zeitaufwand und kann zum großen Teil erst nach vollständiger Fertigstellung des Kanals und seiner Nebenanlagen erfolgen.

Es empfiehlt sich daher, die Abrüstungszeit von vornherein reichlich lang zu bemessen; sie wird z. B. bei größeren Erdarbeiten, für die mehr als drei Bagger eingesetzt werden, im allgemeinen wenigstens drei Monate betragen müssen.

Die gesamte Bauzeit

Die aus der längsten Baggerbetriebzeit, Einrichtung- und Abrüstungzeit bestimmte Bauzeit kann nicht eingehalten werden, wenn außergewöhnliche Ereignisse, die durch höhere Gewalt oder menschliches Verschulden hervorgerufen werden, die Bauausführung behindern. Erdrutschungen, Wassereinbrüche, Wassermangel, Streiks, Brände, Verzögerungen in der Lieferung von Bau- und Betriebstoffen, Verzögerungen im Geländeerwerb und in der Fertigstellung von Kunstbauten bilden häufig die Ursachen für eine Verlängerung der geplanten Bauzeit.

Der Bauherr tut gut, in seinen Berechnungen einen Zuschlag für unvorhergesehene Baubehinderungen zu der berechneten Bauzeit zu machen. Ist ihm die so erhaltene Bauzeit zu lang, so kann er ihre Verkürzung nur durch weitere Vermehrung der Bagger, die aber nur bis zu gewissem Grade möglich ist, oder durch Einführung des Mehrschichtenbetriebes erreichen. In beiden Fällen wird gewöhnlich die Bauausführung verteuert.

Die Aufstellung des Arbeitsplanes

Die Bauausführung wird in einem Arbeitsplan entworfen. Er soll die Ermittlung der wirtschaftlichsten Bauweise erleichtern und den zu erwartenden Fortschritt der einzelnen Bauarbeiten veranschaulichen.

Gerade für langfristige Bauarbeiten ist die sorgfältigste Aufstellung eines umfassenden Arbeitsplanes notwendig. Es ist richtiger und wirtschaftlicher, dieser vorbereitenden Arbeit reichlich Zeit zu widmen, als den Beginn der Bauarbeiten zu überhasten, um nur schnell zu Leistungen zu kommen. Natürlich können während der Bauausführung außergewöhnliche, nicht vorhergesehene Ereignisse eine zeitliche Verschiebung der Bauvorgänge und damit eine gewisse Abänderung des Arbeitsplanes herbeiführen; derartige Abänderungen werden von Zeit zu Zeit vorgenommen werden müssen, ohne daß dabei die Grundzüge des ursprünglichen Arbeitsplanes verlassen zu werden brauchen.

Der Arbeitsplan wird zweckmäßig zeichnerisch durch einen Lageplan, einen durch die Kanalachse gelegten geologischen Längenschnitt, einen Massenplan und einen Zeitplan dargestellt. Die wirtschaftlichsten Bauvorgänge (z. B. an Kunstbaustellen) werden durch Kostenvergleiche ermittelt, ferner die Aushubmassen, Leistungen und Betriebzeiten nebenher berechnet. Die Bestimmung des Bauvorganges an den Kunstbaustellen und die Festsetzung der Los- und Baggerschachtgrenzen sowie der Lage des Lagerplatzes und der Ablagerungskippen habe ich bereits an andrer Stelle[3]) eingehend behandelt.

Um zu gewährleisten, daß auf einer Kanal-Neubaustrecke die Arbeiten der einzelnen Lose technisch und wirtschaftlich richtig ineinandergreifen, ist es nötig, nicht nur für die einzelnen Lose Arbeitspläne („besondre Arbeitspläne“), sondern auch für die gesamte Neubaustrecke einen zusammenhängenden „allgemeinen Arbeitsplan“ aufzustellen.

Lageplan und Längsschnitt

Zunächst werden Längsschnitt und Lageplan für den allgemeinen Arbeitsplan hergestellt, Abb. 1 und 2. Der geologische Längsschnitt gibt darüber Aufschluß, welche Baggerarten bei den verschiedenen Boden- und Wasserverhältnissen verwendet werden müssen und wirtschaft-

[3]) „Bautechnik“ Bd. 4 (1926) S. 376.

Abb. 1 und 2
Längsschnitt und Lageplan für den allgemeinen Arbeitsplan einer Kanal-Neubaustrecke

a Dücker *b*₁ Bogenbrücke aus Stampfbeton *b*₂ Bogenbrücke aus Eisenbeton *b*₃ Balkenbrücke aus Eisen *c* Hilfsbrücke bzw. Hilfsweg *d* Hilfsrinne *e* leichter Lehm *f* schwerer Lehm *g* Kies *h* Ton *i* sehr harter Mergel *k* Wassersperrdamm *l* Baggerschachtgrenze *m, n, o, p, q* auszuhebende Massen, die Zeiger geben die Arbeitsfolge an

Abb. 3 bis 6
Muster des besondern Arbeitsplanes eines kleinen Kanalloses ohne Massenplan und ohne Berücksichtigung der Nebenarbeiten. (Buchstabenerklärung s. Abb. 1 und 2)

lich verwendet werden können. In den Längsschnitt und Lageplan werden eingezeichnet: Die Arten und Achsen der Brücken und Dücker, die Wegeverlegungen, Hilfswege, Hilfsbrücken, Hilfsrinnen und Wassersperrdämme; die Lagerplätze, Ablagerungskippen, Los- und Baggerschachtgrenzen; die Abschnitte, in denen die einzelnen Bagger eingesetzt werden, und schließlich die Aushubmassen in den Baggerschächten und Baggerabschnitten.

Aus den Aushubmassen und den zu erwartenden Baggerleistungen werden die Betriebzeiten der einzelnen Bagger überschläglich berechnet. Weichen die Betriebzeiten sehr voneinander ab, so kann unter Umständen sofort ein Ausgleich durch Verschiebung der Los- und Schachtgrenzen und Änderung der Massenzuteilung geschaffen werden.

Liegen die Losgrenzen fest, so wird für jedes Los ein besonderer Arbeitsplan in größerem Maßstab aufgestellt. In Abb. 3 bis 6 ist der besondere Arbeitsplan eines kleinen Kanalloses ohne Massenplan als Muster dargestellt: Ein Eimerbagger ist in Bodenklasse II, ein Löffelbagger in Bodenklasse III eingesetzt. Die Nebenarbeiten sind unberücksichtigt geblieben.

Im Lageplan und zugehörigen geologischen Längsschnitt werden zunächst die gleichen Eintragungen wie im allgemeinen Arbeitsplan gemacht. Weiterhin werden in den Lageplan alle wichtigen Betriebseinrichtungen eingezeichnet, insbesondere die Gleisverbindungen von den Baggerschächten zu den Kippen und zum Lagerplatz, die Ausweich- und Umsetzgleise, die Förderrampen zu den Löffelbaggerschächten und Nebenarbeitstellen, die Erdsätze, die unter und neben den Brücken für Hilfswege und zur Wasserabsperrung stehenbleiben, die Wasserversorgung, die Wasserhaltungen, die Kohlen- und Wasserentnahmestellen für Lokomotiven. Auch die Förderrampen und Erdsätze werden in den Längsschnitt eingetragen.

Die Gleise und Einrichtungen der Schächte müssen während der Bauausführung oft umgebaut werden; es empfiehlt sich, die hauptsächlichsten Umbauten und Veränderungen im Schacht in besonderen Teil-Lageplänen darzustellen oder auf Deckblättern aus durchsichtigem

Zahlentafel 7. Flächeninhalt der Löffelbagger-Schnitte

In Boden	Querschnitt	Flächeninhalt in m² bei einer Schnitthöhe von 2,50 m	3 m	4 m	4,50 m	5 m	5,50 m	6 m
Festgelagerter Kies, Lehm, Ton	1:1; 9,0; 1,4:1	27	33	47	55	63	71	80
Schwerer Mergel, Felsen . . .	1,8:1; 9,0; 1,8:1	26	32	45	52	59	66	74
Festgelagerter Kies, Lehm, Ton	1:1; 9,0; 1,4:1	28	35	50	58	67	76	85 [1]
desgl.	1:1,5; 9,0; 1,4:1	29	37	54	63	73	83	94 [1]
„	1:2; 9,0; 1,4:1	31	39	58	68	79	91	103 [1]

[1] Der mit Hand beizuwerfende Böschungsboden ist eingerechnet (schraffierte Flächen). Die Böschungen 1:1, 1:1,5, 1:2 dürfen nicht angebaggert werden.

Papier zu zeichnen und sie an dem Lageplan umklappbar zu befestigen. Die grundsätzliche Anordnung der Gleise im Baggerschacht ist aus Abb. 4, Lageplan, ersichtlich.

Der Löffelbagger kann das Kanalprofil nur in einer größeren Anzahl von neben- und untereinander liegenden Schnitten ausheben. Diese haben beim Baggern mit dem 2 m³-Löffelbagger 8,40 bis 11,20 m Sohlenbreite und eine Höhe, die durch die Reichhöhe von rd. 6 m und die Ausschütthöhe des Löffels oder die Höhenlage des Ladegleises über der Baggerebene beschränkt ist und gewöhnlich 3 bis 6 m beträgt. Das Ladegleis muß also für jeden Schnitt neu verlegt werden.

Der Flächeninhalt der Löffelbagger-Schnitte geht aus Zahlentafel 7 hervor.

Die Böschung 1,4 : 1 ist die natürliche Löffelbagger-Böschung in festem Boden. Mit Hilfe von Zahlentafel 7 lassen sich die Massen der auszuführenden Schnitte rasch berechnen. Um den Arbeitsgang eines Löffelbaggers gut verfolgen zu können, werden im Lageplan des besonderen Arbeitsplanes etwa alle 100 m die Kanalquerschnitte, in die Planebene umgeklappt, mit den einzelnen Löffelbagger-Schnitten, Förderrampen usw., eingezeichnet.

Die Förderzüge verkehren vom Gelände zu den tiefer liegenden Löffelbagger-Schnitten und zur Kanalsohle auf einer 1 : 40 bis 1 : 50 geneigten Erdrampe. Die Herstellung und Beseitigung dieser Rampe mit dem Löffelbagger ist mit einer gewissen Verringerung seiner gewöhnlichen Leistung verbunden; trotzdem ist es in der Regel zweckmäßig, die Förderrampe in voller Kanaleinschnittsbreite herzustellen, weil dadurch die zahlreichen Gleisumlegungen sehr erleichtert werden.

Massenplan

Um ein anschauliches Bild über die Verteilung der Aushubmassen auf die einzelnen Schächte, Baggerschnitte, vorübergehend stehenbleibende Erdsätze und Rampen zu erhalten, zeichnet man den Massenplan: Die Kanalachseneinteilung, z. B. die 50 m-Punkte und alle sonstigen für den Betrieb bemerkenswerten Punkte des Lageplanes, z. B. Schachtgrenzen, Bauwerkachsen werden auf einer Abszissenachse im Maßstab des Lageplanes abgetragen; in den so erhaltenen Punkten werden die Flächeninhalte der zugehörigen Querprofile des Kanals, der Baggerschnitte, Rampen, Erdsätze usw. als Ordinaten aufgetragen. Die entsprechenden Ordinatenpunkte werden miteinander durch Kurven verbunden. Durch Integration dieser Kurven erhält man die auszuhebenden Bodenmengen.

Der Massenplan erleichtert besonders in den Löffelbagger-Schächten die Nachprüfung der Massenverteilung auf die einzelnen Baggerschnitte.

Zeitplan

Die Zeiten, in denen sich die einzelnen Bagger-, Kunstbau- und Nebenarbeiten abspielen, werden aus den zu leistenden Massen und den erfahrungsgemäß zu erwartender Leistungen berechnet und in einem Zeitplan zusammengestellt, Abb. 6. Hier sind die Arbeitszeiten durch ausgezogene Linien und größere Ruhepausen, wie z. B. infolge Gleisumbaues und Ausbesserungen, sowie Leerfahrten des Baggers, durch gestrichelte Linien dargestellt. Für den Bagger, der als letzter die Arbeiten beendet, wird an seinem letzten Arbeitsort die Zeit für die Abrüstung des Baggerbetriebes und der Baustelle als Ordinate abgetragen.

In den in Zahlentafel 6 aufgeführten mittleren Baggerleistungen, die der Berechnung der Baggerbetriebzeiten zugrunde gelegt werden, sind die meisten Betrieberschwerungen bereits berücksichtigt, z. B. das Baggern der Schachtendstrecken mit geteilten Zügen. Kommen außerdem erhebliche Erschwerungen hinzu, z. B. das Baggern von Erdsätzen für Hilfswege, so müssen sie im Zeitplan besonders eingetragen werden.

Die Bauzeiten von Kunstbauwerken werden durch stark ausgezogene Linien auf den Ordinaten, die durch die Bauorte der Kunstbauten gehen, kenntlich gemacht. Aus den Zeitlinien der Kunstbauten und der Bagger läßt sich die Folge der Erd- und Kunstbauarbeiten deutlich ersehen. Die berechneten Zeiten müssen eingehalten werden, damit Baubehinderungen vermieden werden.

Nebenarbeiten

Von größter Wichtigkeit für die rechtzeitige Fertigstellung des Kanals ist die richtige Förderung der Nebenarbeiten, insbesondere derjenigen, die auf dem Nebenbetriebsufer auszuführen sind. Denn die im Gelände angelegten Gleisverbindungen vom Haupt- zum Nebenbetriebsufer werden durch die Baggerarbeiten nach gewisser Zeit unterbrochen; neue Verbindungen sind dann nur von den Nachbarlosen her oder durch den ausgehobenen Kanaleinschnitt hindurch unter größeren Schwierigkeiten und Kosten möglich.

Die Zeitdauer jeder längere Zeit beanspruchenden Nebenarbeit, wie z. B. der Ufer- und Wegebefestigung, wird aus der mittleren Arbeitsleistung berechnet und im Zeitplan ähnlich wie der Fortschritt der Baggerarbeiten durch besondere Zeitlinien hervorgehoben.

Da sich die Nebenarbeiten gewöhnlich in der Betriebzeit der Bagger und der Abrüstungzeit der Baustelle fertigstellen lassen, braucht sie der Bauherr bei der Aufstellung des besonderen Arbeitsplanes im allgemeinen nicht zu berücksichtigen. Der ausführende Unternehmer

jedoch muß sie in den Arbeitsplan aufnehmen, damit ein wirtschaftliches Ineinandergreifen der verschiedenen Bauarbeiten gewährleistet wird.

Nachdem der besondere Arbeitsplan für jedes Los fertiggestellt ist, wird der allgemeine Arbeitsplan der Neubaustrecke berichtigt und vervollständigt. Ein Massen- und ein Zeitplan wird für die Neubaustrecke ähnlich wie für die Lose angefertigt. Im Massenplan werden jedoch nur die Massen der Baggerschächte, nicht die Massen der Baggerschnitte, und im Zeitplan nur die Zeitlinien der Bagger und der Kunstbauten eingetragen.

Es ist nun klar zu übersehen, ob die Arbeiten in benachbarten Losen sich gegenseitig stören, und ob die Bauzeiten der einzelnen Lose stark voneinander abweichen. Ist das eine oder andre der Fall, so wird man unter Umständen nochmals eine Verschiebung der Losgrenzen oder eine Änderung der Arbeitsvorgänge vornehmen müssen, um eine möglichst unbehinderte Bauausführung und möglichst kurze Bauzeit der Neubaustrecke zu erreichen.

Der allgemeine Arbeitsplan wird nur vom Bauherrn, der besondere Arbeitsplan sowohl vom Bauherrn als auch vom Unternehmer — am besten gemeinsam — aufgestellt.
[B 2456]

Besuch der Technischen Hochschulen des Deutschen Reiches im Winterhalbjahr 1926/27

Gegenüber dem Winterhalbjahr 1925/26[1]) hat sich die Anzahl der Studierenden im großen und ganzen wenig verändert. Nur die Technische Hochschule Berlin, die schon seit Jahren schwer mit der Überfüllung zu kämpfen hat, weist eine weitere erhebliche Steigerung der Besucherzahl auf, wie Zahlentafel 1 erkennen läßt. Berlin hat München in der Zahl der Studierenden fast erreicht, in der Gesamtzahl, einschließlich der Hörer und Gastteilnehmer, aber überflügelt. Bei der Hochschule Aachen hat sich nur die Zahl der Hörer und Gastteilnehmer erheblich vermehrt; sie ist fast so groß wie die Zahl der Studierenden. In geringerem Maße gilt dies auch für Stuttgart. In Darmstadt ist ebenfalls eine geringe Steigerung zu erkennen. Bei den einzelnen Abteilungen ergibt sich für Architektur, Bauingenieurwesen und Allgemeine Wissenschaften ein leichter Anstieg, für Chemie ein etwas stärkerer Abfall. Die Zahl der Studierenden des Maschinenbaues und der Elektrotechnik ist unverändert hoch geblieben, sie beträgt immer noch fast das Dreifache der Zahl von 1913/14[2]), Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2
Verhältnismäßige Zunahme an Studierenden in den Winterhalbjahren 1926/27, 1925/26 und 1924/25 gegenüber 1913/14

Jahr	Gesamtzahl der Studierenden	Verhältniszahl	Maschineningenieure und Elektrotechniker	Verhältniszahl
1913/14	11 726[7])	1	4 304	1
1924/25	24 671	2,11	13 019	3,02
1925/26	23 824	2,03	12 614	2,93
1926/27	23 944	2,04	12 546	2,91

[N 291] Sd.

Kupplung von Krafterzeugung und Heizung

Eine neuzeitliche Anlage mit Kupplung von Krafterzeugung und Heizung hat die Drogen- und Parfümeriefabrik Frederick Stearns & Co. in Detroit. Die Fabrik braucht beträchtliche Strommengen für ihre Betriebe und hat auch großen Bedarf an Heizdampf für Koch- und andre Fabrikationszwecke.

Die drei Turbodynamos von je 350 kVA arbeiten mit 17,5 at Frischdampfdruck und 2,8 at Gegendruck und verbrauchen hierbei an Dampf 24 kg/kWh, entsprechend einem thermodynamischen Wirkungsgrad von 54 vH. Der Frischdampfdruck von 17,5 at wurde unter Berücksichtigung der Anlagekosten als am wirtschaftlichsten im Betrieb ermittelt. Die Wahl fiel auf Dampfturbinen, da auf ölfreien Abdampf größter Wert gelegt wurde. Obwohl die dem Entwurf zugrunde gelegten Belastungen von vornherein erkennen ließen, daß in den Sommermonaten etwas Abdampf überschüssig sein würde, wählte man doch reine Gegendruckturbinen, da wegen der höheren Anlagekosten Kondensations- oder Anzapfturbinen auch nicht wirtschaftlicher geworden wären.

Der bisherige Heizdampfdruck von 6,3 at konnte durch Vergrößerung der Heizflächen zumeist auf 2,8 at herabgesetzt werden, und man hofft, mit diesem Druck überhaupt im ganzen Werk auszukommen. Mit dieser Herabsetzung des Heizdampfdruckes war eine wesentliche Steigerung der Ausbeute an elektrischer Energie auf 1 kg Frischdampf und damit eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Gesamtanlage verbunden.

Die selbsttätigen Feuerungen der drei Kessel von je 371,6 m² Heizfläche werden durch kleine stehende Dampfmaschinen angetrieben, deren Abdampf zur Speisewasservorwärmung und zu Heizzwecken in anstoßenden Gebäuden benutzt wird. („Power" Dezember 1926 S. 934*)
[N 280] R.

Zahlentafel 1. Besuch der Technischen Hochschulen und Bergakademien Deutschlands im Winterhalbjahr 1926/27

Abteilungen		Aachen	Berlin	Braunschweig	Breslau	Clausthal	Danzig	Darmstadt	Dresden	Freiberg	Hannover	Karlsruhe	München	Stuttgart	Gesamtzahl der Studierenden 1926/27	1925/26	1913/14
Architektur	Stud.	65	289	69	—	—	117	212	179	—	144	115	283	248	1 721	1 565	1 921
Bauingenieurwesen	„	101	348	104	38	9[3])	236	260	238	—	274	171	501	196	2 476	2 242	2 717
Maschineningenieurwesen	„	247	1416	347	341	—	538	925	992	—	891	445	2172	671	12 546	12 614	3 040
Elektrotechnik	„	132	1118	137	181	—	305	600		—	493	278		317			1 264
Schiff- und Schiffsmaschinenbau	„	—	197	—	—	—	163	—	—	—	—	155	—	—	515	346	233
Chemie, Elektrochemie, Pharmazie	„	77	311	238	108	—	106	168	337	—	151	—	350	251	2 097	2 414	1 422
Hüttenkunde	„	289	114	—	146	184	—	—	—	123	—	—	—	17	873	945	429
Bergbau	„	150	290	—	93	391	—	—	—	303	—	—	—	—	1 227	1 407	106
Land- und Forstwirtschaft	„	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	222	—	222	257	191
Allgemeine Wissenschaften	„	35	115	49	48	2	109	267[6])	668	—	91	67	677[4])	139	2 267	2 034	403
Studierende zusammen		1096	4198	944	955	586	1574	2432	2414	426	2044	1231	4205	1839	23 944	23 824	11 726
Hörer und Gastteilnehmer		1015	595	216	56	—	218	322	624	18	279	291	192	659	4 485	3 232	403
Gesamtzahl im Winterhalbjahr 1926/27		2111	4793	1160	1011	586	1792	2754	3038	444	2323	1522	4397	2498	28 429	—	—
„ „ „ 1925/26		1167	4228	1351	1065	632	1821	2666	3011	519	2535	1487	4614	1960	—	27 056	—
„ „ „ 1913/14		1071	2978	668	357	—[5])	1329	1585	1647	—[5])	1771	1330	2900	1351	—	—	12 129

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 622. [2]) Vergl. Z. Bd. 58 (1914) S. 155. [3]) Markscheider. [4]) davon 511 Studierende der Wirtschaftswissenschaften. [5]) nicht ermittelt. [6]) davon 147 Studierende der Staatswissenschaften. [7]) ohne Bergakademien.

RUNDSCHAU

Normung

Einführung der Normen in die Praxis

Der Deutsche Normenausschuß hielt am 23. und 24. Februar d. J. in Hamburg eine Tagung seines Ausschusses für Einführung der Normen in die Praxis ab. Die Veranstaltung, die eine Reihe von wertvollen Vorträgen brachte, wurde durch eine Besichtigung des Schnelldampfers „Deutschland" der Hamburg-Amerika-Linie eingeleitet. Zur Einführung hielt Dir. Goos, Hamburg, einen Vortrag über die

Bedeutung der Normung für den Schiffbau.

Die deutschen Reedereien und Werften standen nach dem Kriege vor der Aufgabe, die Handelsflotte völlig wiederaufzubauen. Man erkannte sofort die Bedeutung der Normen für diese Aufgabe und war sich bewußt, daß sich ein gleich günstiger Augenblick für eine großzügige Durchführung der Normung kaum jemals wieder bieten dürfte. Vorausschauend hatte man daher bereits im Jahre 1917 unter Führung der maßgebenden Werften und Reedereien den Handelsschiff-Normenausschuß (HNA) ins Leben gerufen.

Die Dringlichkeit der Aufgabe zwang zu schnellem Arbeiten. Die Beschleunigung der Arbeiten wurde im Gegensatz zu entsprechenden Aufgaben des Deutschen Normenausschusses für die Landindustrie wesentlich erleichtert, da nur ein verhältnismäßig kleiner Kreis von Beteiligten mit gleichgerichteten Bedürfnissen in Betracht kam. Soweit die vom Deutschen Normenausschuß aufgestellten Normen brauchbar für den Schiffbau waren, wurden sie übernommen. Vielfach mußte man jedoch die besonderen Verhältnisse des Schiffbaues berücksichtigen, so in weit höherem Maß als im Landmaschinenbau auf Gewichtsersparnis und Raumausnutzung Wert legen. Wegen der Dringlichkeit der Arbeiten konnte auch mehrfach der endgültige Abschluß der entsprechenden allgemeinen Normen nicht abgewartet werden, so daß teilweise noch Abweichungen bestehen, die im Verkehr zwischen Landindustrie und Werften unliebsam empfunden werden. Man strebt indessen auf beiden Seiten nach einer Angleichung der HNA-Normen und der Dinormen — soweit das zweckdienlich erscheint. Zu beachten ist auch, daß die Normung für Handelsschiffe vielfach in weit höherem Maß als bei andern Industriezweigen Rücksicht auf das Ausland zu nehmen hatte (Board of Trade).

Das Ergebnis der etwa zehnjährigen Arbeit hat seinen Niederschlag in etwa 1500 Normblättern gefunden, eine beträchtliche Zahl für ein einziges, wenn auch umfangreiches Fertigungsgebiet.

Der Handelsschiff-Normenausschuß konnte und mußte bei Aufstellung seiner Normen vielfach auch in der Festlegung von Einzelteilen viel weiter gehen als der Deutsche Normenausschuß. Einige Beispiele hierfür sind Ventile, Feuerzargen, Treppen, Ladegeschirre, Fenster. Hervorzuheben ist auch die Normung der Anschlußmaße von Hilfsmaschinen, wodurch ermöglicht wird, zu überholende Maschinen durch instandgesetzte zu ersetzen. Auch die Zahl der in Zusammenarbeit mit dem Verbande Deutscher Elektrotechniker entstandenen Normen für elektrische Anlagen auf Schiffen ist beträchtlich. Welchen Umfang die Normung für den Schiffbau angenommen hat, geht daraus hervor, daß auf der im Jahre 1923 erbauten „Deutschland" (21 000 t), dem ersten Schiff, bei dessen Bau HNA-Normen in größerem Umfange planmäßig angewandt wurden, das Gewicht der genormten Teile allein schon 1725 t beträgt.

Der Erfolg der Normung für den Schiffbau kommt in gleicher Weise den Werften und den Reedereien zugute, indem auf der einen Seite die Bauzeiten verkürzt und die Baukosten herabgesetzt werden, während auf der andern die Instandsetzungen der Schiffe und damit die toten Liegezeiten abgekürzt werden.

Am 23. Februar veranstaltete der Hamburger Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure gemeinsam mit der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure unter dem Vorsitz von Dipl.-Ing. Wolff einen von etwa 300 Personen besuchten Vortragsabend, der unter dem Leitwort „Vermeidung von Verlustquellen" stand und auf die Tagung der Normeningenieure abgestimmt war.

Der erste Vortrag, von Prof. Dipl.-Ing. Lohse, Hamburg, befaßte sich mit dem Thema:

„Das Wesen der Fließarbeit, ihre wirtschaftlichen Voraussetzungen und Ziele".

Fließarbeit[1]) ist zeitlich lückenlose Fertigung; sie ist nicht immer gleichbedeutend mit Bandarbeit, diese ist vielmehr nur eine Sonderart der Fließfertigung. Fließarbeit ermöglicht beste Ausnutzung der Maschinen und erspart Zwischenlager an halbfertigen Teilen, die bei der Fertigung nach technologischen Zusammenhängen, also bei Zusammenstellung von Maschinen gleicher Gattung, unvermeidlich sind. Fließarbeit bringt größere Geschwindigkeit der Fertigung, Verminderung des benutzten Fabrikraumes, schnelleren Kapitalumlauf, Einschränkung des Betriebskapitals. Fließfertigung bringt aber auch Erhöhung der Güte der Erzeugnisse in Werkstoff und Ausführung, weil hier der Ausfall eines jeden unbrauchbaren Teiles eine Störung des Fertigungsganges bedeutet.

Fließfertigung ist nur durchführbar bei größeren Mengen gleicher Erzeugnisse. Sie soll niedrige Preise bei hohen Löhnen ermöglichen, um, der Kaufkraft der Massen entsprechend, großen Absatz zu sichern. Voraussetzung für Massenerzeugung ist Normung.

Amerika wendet die Fließarbeit in großem Umfang an. Bei Übertragung auf deutsche Verhältnisse ist aber ein wesentlicher Unterschied zu beachten: Amerika hat Geld und wenig Arbeiter, Deutschland hingegen hat kein Geld und viele Arbeiter, viele Erwerbslose. Man muß bei allen Rationalisierungsbestrebungen immer im Auge behalten, daß der Zweck der Arbeit das Gemeinwohl sein soll.

Im zweiten Vortrag des Abends sprach Dipl.-Ing. Dreyer, Hamburg, über

Wirtschafts- und kulturpolitische Gedanken zur Normung.

Das „ökonomische Prinzip" kann auf zwei Wegen erfüllt werden. Man kann die Wirtschaftlichkeit steigern durch erhöhte Leistung je Einheit oder durch gleichbleibende Leistung bei vermindertem Aufwand. Leistungssteigerung hat Grenzen im Menschen, in Maschinen, im Kapital und im Absatz. Gleichbleibende Leistung bei geringerem Aufwand je Einheit muß das Ziel unserer Tage sein. Der Weg hierzu ist Normung und Massenfertigung.

Einer weitgehenden Normung der Gegenstände des täglichen Bedarfs setzt sich heute noch vielfach der Eigennutz, der Eigensinn und eine zu stark betonte Persönlichkeitsnote entgegen[2]). Ungeheure Werte an Volksvermögen gehen verloren durch die Vielheit in der Ausführung derjenigen Gebrauchsgegenstände, bei denen sich weder Mode noch Geschmack und Persönlichkeitswillen auswirken können. Man muß sich vergegenwärtigen, daß sich in einem Volke von 70 Millionen die Frage des Massenbedarfes ganz anders auswirkt als bei einem Volke von 20 Millionen auf gleichem Raume. Das Bestreben weitester Kreise geht dahin, an der Zivilisation teilzunehmen, d. h. an dem Behagen, das durch die Befriedigung unzähliger kleiner Bedürfnisse erzeugt wird. Kultur gedeiht auf einer möglichst weit zivilisierten Schicht besser als ohne diese. Kultur kann um so besser gedeihen, je weniger die Befriedigung unsrer täglichen Bedürfnisse unsre Kräfte und Mittel beansprucht. Die Normung beschleunigt die Zivilisation, die Normung fördert daher auch — trotz aller scheinbaren Widersprüche — die Kultur[3]).

Aus den Verhandlungen des Ausschusses für Einführung der Normen in die Praxis, die unter der Leitung von Prof. Fr. Meyenberg, Braunschweig, am 24. Februar stattfanden, ist ein Vortrag von Obering. Damm, Hannover, hervorzuheben, der sich mit

neueren Gesichtspunkten beim Messen

befaßte.

Der Vortragende betonte auf Grund seiner langjährigen Erfahrungen in der Anwendung der Dinpassungen, daß diese sich in ihrem vollen Umfang als ein wirksames Hilfsmittel zur Durchführung des Austauschbaues auf allen Fertigungsgebieten des Austauschbaues erwiesen haben. Er berichtete dann über die mit der Anwendung großer Lehren gemachten Erfahrungen und gab Richtlinien für die Handhabung großer Rachenlehren unter Berücksichtigung der Auffederung. Bei größeren Bohrungslehren hält er die Anwendung einer Kreuzlehre an Stelle der in den Dinormen vorgesehenen Flachlehre für vorteilhafter, vor allen Dingen, wenn es sich um Bohrungen handelt, die nach der Fein- und Edelpassung hergestellt werden sollen. Eine Flachlehre ergibt nicht genügende Meßsicherheit. Unter Umständen kann auch schon von 100 mm Dmr. ab die Anwendung von Kugelendmaßen an Stelle der Flachlehren vorteilhaft sein, wobei zu beachten ist, daß die Bohrungen durchschnittlich um etwa 5 μ kleiner ausfallen als beim Messen mit Flachlehren.

[1]) Vergl. Kienzle, Z. Bd. 71 (1927) S. 309; „Fließarbeit" Berlin 1926, VDI-Verlag.

[2]) Vergl. Gramenz, Z. Bd. 71 (1927) S. 181.

[3]) Der Vortrag wird ausführlich in den VDI-Nachrichten erscheinen.

Abb. 1 bis 3
Vertikale Bodenbewegungen bei guter und schlechter Straße durch einen beladenen und einen unbeladenen 4 t-Lastkraftwagen bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten

Der Vortragende zeigte dann im Lichtbild Lehren zum Messen von Zentrieransätzen und zum Messen von Zylinderbohrungen bei eingelegter Bohrstange. Lehren, die sich bei der Handhabung leicht durchbiegen können, sollen stets in den Besselschen Punkten gehalten werden. Deswegen sind auch Isolierhüllen zweckmäßig an diesen Punkten anzubringen. Die Punkte sollen nach Möglichkeit gekennzeichnet sein. — Beim Messen von Treppenabsätzen soll man versuchen, möglichst mit Wellenlehren zu arbeiten, weil Bohrungslehren zum Messen von Treppenabsätzen nicht so gut geeignet sind und die Handhabung umständlicher wird.

Weitere Lichtbilder zeigten Sonderlehren zum Prüfen von Nabenlängen, von Ansätzen und Lochtiefen. Als gutes Mittel für das Ausrichten von Werkzeugmaschinen erweist sich eine Wasserspiegelprüfung, derart, daß auf die auszurichtenden Bettflächenlängen Wasserbehälter gesetzt werden und dann mit Hilfe einer geeigneten Mikrometerschraube die Entfernung des Wasserspiegels von der auszurichtenden Bettfläche geprüft wird. Lange Lineale sind vor dem Gebrauch mit Hilfe eines gespannten Seidenfadens und eines Mikroskopes auszurichten.

Für das Prüfen größerer Entfernungen kommen Sonderlehren mit genormten Meßschenkeln in Betracht.

Zum Prüfen von Kugellagern und Zahnrädern lassen sich mehrere Meßgeräte zweckentsprechend vereinigen.

Damm schloß mit der Aufforderung, Richtlinien für Meßverfahren bei großen Abmessungen und für Sondermessungen und Richtlinien für Sonderlehren unter Berücksichtigung häufig vorkommender Konstruktionen und Arbeitsverfahren aufzustellen und die Vereinheitlichung der Anschlußmaße allgemein verwendbarer Feinmeßmittel, wie Zeigergeräte und Schraubenlehren, vorzunehmen[4]).

Berlin [N 298] K. Gramenz

[4]) Der Vortrag wird ausführlich in der Zeitschrift „Maschinenbau" erscheinen.

Straßenbau

Bodenerschütterungen durch Kraftfahrzeuge[1])

Zur Klärung der Frage der Wechselwirkung zwischen Kraftfahrzeug und Fahrbahn wurden auf Anregung von Prof. P. Langer, Aachen, seismographische Messungen der durch Lastkraftwagen verursachten Bodenerschütterungen mit Vollgummi- und Luftreifen durchgeführt.

Der 4 t-Kraftwagen mit Kettenantrieb und 4700 kg Eigengewicht war mit ziemlich stark abgenutzten Vollgummireifen versehen, vorn 930/140 mm, mit Stahlband 67 mm dick, hinten 2 × 1030/140 mm, mit Stahlband 73 mm dick. Das Gewicht der ungefederten Hinterachsmassen betrug 950 kg. Zur Prüfung des Einflusses der ungefederten Massen wurden auf der Hinterachse Zusatzgewichte von 600 kg und 900 kg angebracht.

Die ungefederten Hinterachsmassen des 3 t-Kraftwagen mit Kardanantrieb und 4170 kg Eigengewicht wogen rd. 750 kg, seine Reifen, vorn 40/8″, hinten 2 × 40/8″, hatten einen Innendruck von rd. 7 at.

Die Straßendecke war bei den ersten Versuchsreihen in schlechtem Zustand. Die Mehrzahl der Löcher des Holzpflasters auf einer etwa 30 cm dicken Betonschicht waren etwa 5 cm tief. Das Holzpflaster war 10 cm dick. Es wurde nach Durchführung der ersten Versuchsreihen entfernt und durch eine Bitumulsdecke ersetzt, eine 6 cm dicke Kleinschlagschicht, darauf Splitt, nach dem Kaltverfahren ausgegossen. Diese Decke hatte leichte muldenförmige Vertiefungen, so daß ihr Zustand nicht als vollkommen bezeichnet werden kann.

Zum Aufzeichnen der Bodenerschütterung diente ein Wiechert-Mintropscher Dreikomponenten-Erschütterungsmesser[2]), der in 17 m Entfernung von der mittleren Wagenspur aufgestellt war. Die Versuche wurden nachts bei vollkommener Verkehrsstille durchgeführt.

In Abb. 1 bis 3 sind die Höchstwerte der Amplituden der vertikalen Bodenbewegungen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für verschiedene Größen der ungefederten Hinterachsmassen, bei guter und schlechter Straßendecke für den beladenen und unbeladenen 4 t-Lastkraftwagen eingetragen. Abb. 4 enthält ferner die Werte für den 3 t-Kraftwagen mit Kardanantrieb bei schlechtem Straßenzustand.

Die Bodenerschütterungen bei Vollgummibereifung nehmen hiernach beim beladenen und unbeladenen Wagen, bei schlechter und guter Straßendecke, bei großen und kleinen ungefederten Hinterachsmassen bis zu rd. 20 km/h Geschwindigkeit mit einer größeren als der ersten

[1]) Mitteilung aus dem Laboratorium für Kraftfahrwesen und der Erdbebenwarte der Techn. Hochschule zu Aachen. Vergl. auch den ausführlichen Bericht in der „Automobil-Rundschau" Nr. 6 vom März 1927.

[2]) Für die Versuche vom Vorsteher der Erdbebenwarte der Technischen Hochschule zu Aachen, Prof. Dr. phil. P. Wilski, zur Verfügung gestellt.

Abb. 4
Vertikale Bodenbewegungen bei schlechter Straße durch einen 3 t-Kraftwagen mit Kardanantrieb bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten

Potenz der Fahrgeschwindigkeit zu, bei höheren Geschwindigkeiten mit einer Potenz, die kleiner als 1 ist.

Die Nutzlast (gefederte Masse) ist bei schlechtem und gutem Straßenzustand bis rd. 20 km/h Fahrgeschwindigkeit ohne erheblichen Einfluß auf die Bodenerschütterungen. Bei höherer Fahrgeschwindigkeit nehmen die Bodenerschütterungen mit der Nutzlast zu, und zwar bei schlechtem Straßenzustand mit wachsender Geschwindigkeit etwa um ebensoviel wie bei gutem Straßenzustand.

Zusätzliche ungefederte Massen erhöhen bei schlechtem Straßenzustand die Bodenerschütterungen beträchtlich. Bei gutem Straßenzustand wurde kein Einfluß der ungefederten Massen auf die Bodenerschütterungen festgestellt.

Schlechter Zustand der Fahrbahndecke verstärkte bei beladenen und unbeladenen sowie bei großen und kleinen ungefederten Massen die Bodenerschütterungen auf das Dreifache bis Vierfache gegenüber denen auf guter Straßendecke.

Bei dem Fahrzeug mit Luftreifen betrugen die Bodenerschütterungen auf der schlechten Straße nur ⅓ bis ¼ der Werte bei Vollgummi. Die Bodenerschütterungen nehmen mit der Fahrgeschwindigkeit in ähnlicher Weise wie beim vollgummibereiften Fahrzeug zu.

Besonders wichtig ist, daß die gefederte Last bis zu der für schwere Lastkraftwagen üblichen Geschwindigkeit von rd. 20 km/h ohne Einfluß auf die Bodenerschütterung ist. Eine Erhöhung des zulässigen Gewichts würde also in diesem Geschwindigkeitsbereich keine Mehrbelästigung durch den Lastkraftverkehr mit sich bringen. Diese Erhöhung hat besonders dann keine Bedenken, wenn es gelingt, das Gewicht der ungefederten Massen zu vermindern, z. B. durch ausgiebige Verwendung von Leichtmetallen, geeignete Bauarten der Achsen und Verbesserung der Reifen.

Da die Bodenerschütterungen und damit die Fahrbahndrücke auf schlechten Straßen erheblich größer als auf guten Straßen sind, so ist die Herstellung guter Straßen und schleunige Ausbesserung mangelhafter Straßendecken doppelt wichtig; denn Kraftwagen und Straßen werden dann weniger beansprucht. Hierdurch werden die Straßenschäden vermindert und der Kraftwagen kann wegen der geringeren dynamischen Beanspruchungen geringere Abmessungen und somit auch vermindertes Gewicht der ungefederten Teile erhalten, was rückwirkend wieder geringere Straßenbeanspruchungen mit sich bringt. [M 76]

E. Essers und Th. Kappes

Landwirtschaftliche Technik

Ein neuer Schwingregner

Der Unterschied zwischen Gärtnerei- und Feldberegnung liegt hauptsächlich darin, daß die Gärtnerei sich meist an vorhandene Rohrnetz- und Druckverhältnisse anzupassen[1]) hat, während bei der Feldberegnung immer eine besondere Pumpe mit Antriebmaschine zur Verfügung zu stehen pflegt. Deshalb war bei der Feldberegnung eine Drucksteigerung nicht nur möglich, sondern zur Erzielung größter Streuweiten auch notwendig, weil erhebliche Arbeit beim Verlegen der Leitungen gespart und Flurschaden vermieden wird.

Eine praktische Grenze in der Rohrweite zieht aber für fliegende Leitungen das Gewicht oder die Vertragbarkeit der Rohre: 125 mm l. W. bei Stahlrohren,

[1]) Diese Anpassung bezweckt auch der vom Verfasser erfundene Uhrwerkregner, DRP 398 896, weil bei ihm die Schwingbewegung des Wasserverteilers ganz unabhängig vom Wasserdruck ist, während Wasser-Kolbenmotoren bei Druckänderungen in den Totpunkten gerne stehen bleiben. Menge und Verstäubung sind beim Uhrwerkregner mit Hilfe eines schnell auswechselbaren Düsenbleches regelbar. Außerdem wird Rechteckflächenbestreuung erzielt.

Abb. 5. Schwingregner mit Wasserradantrieb, Bauart „Regnerbau", Calw/Württ.

Abb. 7 bis 10

Leistungen von 15 Schleppern für die Binnenschiffahrt des Staatlichen Schleppmonopols in einem Jahre. Um eine Uebersicht der ganzen Schleppfahrzeit zu erhalten, die der Berechnung der Betriebskosten zugrunde liegt, ist zu der reinen Schleppfahrzeit noch ⅓ der Leerfahrtstunden hinzuzufügen.

150 mm l. W. bei Aluminiumrohren. Für einen bestimmten zulässigen Druckverlust (2 bis 5 m auf 100 m) ist damit auch die Durchflußmenge auf höchstens etwa 180 m³/h begrenzt. Menge und Druck zusammen bedingen die Leistung der Antriebmaschine, die während der Nichtbenutzung zum Regnen anderweitig in der Landwirtschaft verwendet werden muß, also heute mit etwa 50 PS begrenzt ist.

Der einzige, der bisher diese beiden Grenzen überschritten hat, war Stadtbaurat Horten, Berlin. Infolge von rd. 108 l/s Durchflußmenge für einen einzigen 60 mm weiten Strahl war er gezwungen, auf 250 bis 400 mm Rohrweite und damit wieder zu festverlegten Leitungen und einer ortfesten Antriebmaschine mit rd. 180 PS überzugehen.

Der Verfasser neigt aber zu der Ansicht, daß den ortbeweglichen Anlagen mit höchstens halb so großen Wassermengen wie bei Horten höhere Wirtschaftlichkeit zukommt. Es liegen auch bereits nicht nur brauchbare Ausführungen von ortbeweglichen Pumpmaschinen, bestehend aus kompressorlosen Dieselmotoren mit 30 bis 50 PS Leistung, auf einem Fahrgestell zusammengebaut mit Hochdruckkreiselpumpen vor, sondern auch von Eisenbetonrohren der Firma Deutsche Hume-Röhren-A.-G., Berlin, und von einer neueren Regnerbauart, die trotz größter Leistungen und Streuweiten noch tragbar bleibt, Rechteck- oder Quadratflächen an Stelle von Kreisen ausstreut und mit den in der Landwirtschaft üblichen Größen von Antriebmaschinen auskommt (im Gegensatz zu Horten).

Abb. 5 zeigt diesen neuen Schwingregner mit Wasserradantrieb, Bauart des Regnerbau, Calw/Württ. Der Durchmesser des Zuflußrohres richtet sich nach Düsenzahl und -weiten, die Streufläche nach Druck und Düsenweiten. In Abb. 5 ist das Zuflußrohr 50 mm weit für 7 Strahlen von 7 bis 10 mm Dmr., die für etwa 1600 m² Streufläche abgestuft sind. Abb. 6 ist bei nur 3,8 at und rd. 1200 m² Streufläche aufgenommen.

Der Regner hat einen selbsttätig durch Wasserradantrieb um eine wagerechte Achse hin- und rückschwingenden, vielstrahligen, an einer Stelle vereinigten Wasserverteiler. Bei diesem Regner gilt, ähnlich wie bei dem erwähnten Uhrwerkregner, das Gesetz über die Wurfweite: $w = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha$ und über die Austrittgeschwindigkeit $v = \varphi \sqrt{2gh}$. Die Wasserverteilung wird geregelt teils durch verschiedene Erhebungswinkel α der Strahlen in dem Verteiler selbst und beim Schwingen, teils durch die Veränderung von v mit Hilfe verschiedener Öffnungsweite und Reibung φ beim Austreten des Strahles. Die Randstrahlen gehen bei günstigstem Neigungswinkel des Wasserverteilers bis in die Ecken der Streufläche, so daß sich annähernde Rechteckstreuflächen erzielen lassen. Der Regner läßt sich dank seinem auswechselbaren Düsenblech vorhandenen Verhältnissen (Wassermenge und Druck) jederzeit sehr leicht anpassen und verbürgt eine planmäßige Gleichförmigkeit der Verstreuung. Trotzdem bleibt er leicht tragbar. Der hin- und rückwandernde Regen läßt genügend Zeit zur Versickerung des Wassers. Bei Parkrasen kann der Regner auf den Wegen stehen. Denn im Gegensatz zu den Drehregnern, die alle in der Mitte der Streufläche stehen müssen, kann der Schwingregner durch Einstellen von Anschlägen an dem in Abb. 5 rechts sichtbaren, feststehenden Bügel dazu gebracht werden, daß er beliebig einseitig streut.

Abb. 6
Schwingregner, Bauart „Regnerbau", Calw/Württ., im Betrieb bei 3,8 at. Aufgenommen im Botan. Garten der Techn. Hochschule Stuttgart: 8 kleinere Düsen von 5 bis 8 mm, 25 m³/h Durchflußmenge.

Bei diesem Regner können Streuweite, Streufläche und Durchflußmenge im Einzelfall jeweils so eingerichtet werden, daß die größte Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage in bezug auf Anlage- und Bedienungskosten sowie auf Wasservorrat entsteht. [D 2681]

Eßlingen Krauß

Dazu schreibt uns Stadtbaurat A. Horten:

Der Ansicht des Verfassers, daß bewegliche Regenanlagen mit kleinen Wurfweiten günstiger arbeiten als die von mir gebauten, kann ich nicht zustimmen. Auf diese einfache Formel läßt sich die Lösung der Frage nicht bringen. Meines Erachtens sind für kleine Flächen (bis 50 oder 100 ha) Regenanlagen mit kleinen Wurfweiten (6 bis 40 m) vorteilhafter. Für große Flächen über 100 bis 500 ha dürften aber Regenanlagen mit großen Wurfweiten, bei meinem Verfahren bis 85 m, wirtschaftlich günstiger sein, besonders wegen der geringeren Kosten der in den Boden zu verlegenden Leitungen. Für solche Leitungen kommen nur Rohre aus Eisenbeton in Frage, und es gibt mehrere an sich brauchbare Konstruktionen dieser Art, u. a. auch die von Krauß erwähnten Hume-Rohre. Ich glaube aber, daß die von mir gebauten Rohre den letzteren überlegen sind. Eine endgültige Entscheidung über alle diese Fragen kann selbstverständlich nur eine ausgiebige Erprobung in der Praxis ergeben, die hoffentlich bald erfolgen wird.

Schiffbau

Fünf Motorschlepper des Staatlichen Schleppmonopols

In Z. Bd. 71 (1927) S. 14, Zahlentafel 1 und 2, sind die Leistungen und Betriebsergebnisse von 15 Schleppern für ein Vierteljahr zusammengestellt. Die Schaulinien, Abb. 7 bis 10, und die hier wiedergegebene Zahlentafel 1 zeigen die entsprechenden Werte für ein ganzes Jahr, das erste Betriebsjahr vom 1. September 1925 bis 31. August 1926.

Minden i. W. Regierungsbaurat Foß

Zahlentafel 1. Betriebsergebnisse und Wirtschaftlichkeit von 15 Schleppern

Anzahl und Art der Schlepper	Leistung nach der Tragfähigkeit	Leistung nach der Ladung	Mehr oder weniger geleistet gegenüber den Motorschleppern nach Tragfähigkeit		Ladung		Betriebskosten je Schleppfahrtstunde	Betriebskosten umgerechnet auf die Leistung der Motorschlepper je Schleppfahrtstunde	Verhältnismäßig
	tkm/h	tkm/h	tkm/h	vH	tkm/h	vH	RM	RM	vH
5 Motorschlepper von Janßen & Schmilinsky, Hamburg	8718	5818	—		—		8,—	8,—	100
5 Schleppdampfer von den Deutschen Werken, Kiel	8923	6182	+ 205	+ 2,4¹)	364	+ 6,2¹)	9,70	9,70 — 0,42³) = 9,28	rd. 116
5 Schleppdampfer von F. Schichau, Elbing	8377	5546	— 341	— 3,9²)	— 272	— 4,7²)	10,30	10,30 + 0,44³) = 10,74	rd. 134

¹) Im Mittel + 4,3 vH. ²) Im Mittel — 4,3 vH. ³) Aus ¹) und ²).

Kleine Mitteilungen

Einspritzverfahren für Schiffsdieselmaschinen

Obgleich das Verfahren der Lufteinspritzung immer noch von vielen Herstellern der üblichen Dieselmotoren für ortfeste Anlagen und Schiffsantriebe benutzt wird und kein schneller Wechsel hierin zu erwarten ist, nimmt die Zahl der Motoren, die ohne Kompressor arbeiten, ständig zu, wobei namentlich im Brennstoffverbrauch sehr günstige Ergebnisse erzielt werden. Zur Zeit werden zum Vergleich der beiden Verfahren Versuche im praktischen Schiffsbetrieb auf See an zwei sonst gleichen Schiffen mit Dieselmotoren angestellt. Eine neuere doppeltwirkende Bauart für große Schiffsdieselmaschinen soll gleichfalls ohne Lufteinspritzung arbeiten. Begünstigt wird die Beseitigung des Luftkompressors nicht nur durch die Vereinfachung der Maschine, sondern auch dadurch, daß es heute üblich geworden ist, alle Schiffsanlagen mit Schleudern zum Reinigen des Motoröles auszurüsten. Ob sich die kompressorlosen Maschinen auch dazu eignen werden, solche Restöle zu verbrauchen, die nach den neueren Krackverfahren oder bei der Tieftemperatur-Verkokung anfallen, muß die Erfahrung lehren. („The Engineer" 25. März 1927 S. 329) H. [N 315 b]

Die Untergrundbahn in Madrid

Nach dem Stand des Ausbaues im Oktober 1926 besteht die Madrider Untergrundbahn aus zwei Hauptlinien, einer in Richtung Nord – Süd von 7,7 km Länge und einer zweiten senkrecht dazu in Richtung West – Ost mit einer Abzweigung zum Nordbahnhof von insgesamt 7,1 km Länge. Die Spurweite der zuletzt fertiggestellten Ost – West-Linie entspricht im Gegensatz zu den spanischen Fernbahnstrecken mit 1438 mm der normalen europäischen. Die Strecke weist Steigungen bis zu 8 vH auf. Die Tunnelöffnung ist 3,55 m breit und 4 m hoch. Der kleinste Krümmungshalbmesser beträgt 85 m. Die Bahnsteige sind 60 m lang und 3 bis 4 m breit je nach den Verkehrserfordernissen. Die Entfernung der Bahnhöfe voneinander beträgt rd. 500 m.

Die Wagen mit eisernem Kasten sind je 12,5 m lang und 2,4 m breit. Die Eingangstüren sind 1,4 m breit, sie werden selbsttätig geschlossen. Auch die Kupplung geschieht selbsttätig. Der Strom wird mit einem Bügel von einer Drahtleitung abgenommen. Zum Antrieb der Triebwagen sind vier Gleichstrommotoren von je 110 PS bei 600 V eingebaut. („Le Génie Civil" 26. März 1927 S. 311*) [N 315 c] Sd.

Verstärkte Lokomotivrahmen

Nachdem sich die Canadian Pacific Railway Co. bereits seit etwa 15 Jahren mit der Verbesserung des Baustoffes von Lokomotivrahmen durch Zusatz von Vanadium oder Nickel beschäftigt hat, die die Zugfestigkeit erhöhen und besseren Widerstand gegen Ermüdung verleihen sollen, sind die gießereitechnischen Anforderungen so gestiegen, daß nur die Canadian Steel Foundries of Montreal in der Lage waren, den verlangten Guß herzustellen. Der Erfolg war der, daß von vielen hundert Rahmen nur fünf zurückgewiesen wurden. Die Vorschrift verlangte eine Mindestzugfestigkeit von 55 kg/mm² bei 22 vH Mindestdehnung und vom Jahre 1925 ab 58,5 kg/mm² und 25 vH. Ebenso wurde Nickelstahlguß mit niedrigem Kohlenstoffgehalt (höchstens 0,20 vH) erfolgreich angewendet. Die Versuche waren so aussichtsreich, daß weitere Erniedrigung des C-Gehaltes in Aussicht genommen ist. Obwohl Schweißen beim Rahmenbau in den Werkstätten der Canadian Pacific Railway Co. verboten ist, zeigten angestellte Versuche, daß legierte Stähle schweißfähig sind, vor allem bei der Anwendung elektrischer Schweißung.

Nach der neuesten Vorschrift sollen Lokomotivrahmen aus Nickelstahl, Nickel-Vanadiumstahl, Nickel-Molybdän- und Vanadiumstahl (alle mit niedrigem C-Gehalt) hergestellt werden. Die Festigkeitseigenschaften sollen sein: 35 kg/mm² Fließgrenze, 30 vH Dehnung und 50 vH Querschnittsverminderung. Eine zweimalige Wärmebehandlung bei 925 ° und 810 ° für Vanadiumstahl und 1000 ° und 780 ° für Nickelstahl mit niedrigem C-Gehalt war erforderlich, um dem Baustoff die von der Eisenbahnverwaltung geforderten Eigenschaften zu verleihen. Oft ist noch ein Anlassen auf 670 ° nötig. („The Iron Age" 10. März 1927 S. 701) [N 315 d] Krs.

Eiserne Speisewagen

Die Delaware, Lackawanna & Western-Eisenbahngesellschaft hat unlängst zwei eiserne Speisewagen, die von der Pullman Car & Mfg. Corp., Chikago, gebaut worden sind, in Betrieb genommen. Die Wagen sind, von Stirnwand zu Stirnwand gemessen, rd. 23,5 m lang und etwa 3 m breit. Der Speiseraum ist etwa 11,5 m lang und kann 36 Gäste aufnehmen. Die Tische stehen vor den Fenstern, die mit einer Breite von beinahe 2 m so groß bemessen sind, daß die Fahrgäste von jeder Stelle der Tische aus ein uneingeschränktes Bild von der Landschaft haben. Überhaupt ist auf eine gute Inneneinrichtung, insbesondere die Beleuchtung, besonders großer Wert gelegt worden. Die Wagen sind mit thermostatischer Wärmeregelung versehen. Die Küche ist mit einer elektrischen Abwascheinrichtung ausgerüstet. Für den Eis- und Kühlschrank, den Geschirrkasten und den Küchengang ist Monel-Metall verwendet. („Railway Age" vom 5. März 1927 S. 663) [N 315 e] Krs.

Stapellauf des Kreuzers „Königsberg"

Auf Grund des Versailler Friedensdiktates ist es Deutschland verboten, Schiffe von solcher Größe zu bauen, wie die Verbandmächte heute in zunehmender Zahl bauen. Der neue kleine Kreuzer „B", der am 26. März in Wilhelmshaven von Stapel gelassen und auf den Namen „Königsberg" getauft wurde, hat daher auch nur 6000 t Verdrängung und erhält neun 15 cm-Geschütze, während im Ausland heute zum größten Teil 10 000 t-Kreuzer mit 20 cm-Geschützen gebaut werden. Die Hauptmaschinen von „Königsberg" sind für 32 Kn Geschwindigkeit entworfen und die Schiffsabmessungen betragen mit Rücksicht auf diese Schnelligkeit 174 m Länge, 15,2 m Breite und 5,42 m Tiefgang. Die Dampfkessel für die Hauptmaschinen erhalten Ölfeuerung.

Zu bemerken ist noch, daß bereits zwei kleine Kreuzer den Namen „Königsberg" geführt haben: Das erste Schiff ging im Krieg in der Rufidji-Mündung verloren, das zweite wurde während des Krieges von der A.-G. „Weser", Bremen, fertiggestellt und ist auf Grund des Friedensschlusses an Frankreich abgeliefert worden. Es führt heute den Namen „Metz". Der Kiel des jetzt von Stapel gelassenen Schiffes wurde am 12. April 1926 gelegt; das Schiff soll im Sommer 1928 in Dienst gestellt werden. [N 315 a] W. S.

BÜCHERSCHAU

Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebsüberwachung. Von Julius Brand. Neu herausg. von Franz Seufert. 5. verb. u. erw. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 430 S. m. 334 Abb. u. versch. Taf. Preis 29,40 *M*.

Brand hatte bereits 1920 sein Buch gründlich umgearbeitet, namentlich den ersten Abschnitt wesentlich erweitert, außerdem einen Abschnitt: Leistungsversuche an Dampfturbinen, neu hinzugefügt. Diese wesentlich erweiterte vierte Auflage[1]) hat nunmehr Seufert weiter ergänzt, aber die Einteilung unverändert gelassen.

Im ersten Teil: „Brennstoffe", der gegenüber der vierten Auflage ziemlich unverändert geblieben ist, vermißt man vor allem die Erwähnung und Behandlung des Kohlenstaubes. Ferner wird in den Zahlentafeln der obere Heizwert überhaupt nicht erwähnt, obwohl in den wörtlich abgedruckten neuen „Regeln für Abnahmeversuche an Dampfanlagen" ausdrücklich der obere Heizwert als maßgebend bezeichnet wird.

Im zweiten Teil: „Die Überwachung des Dampfkesselbetriebes und die dazu erforderlichen Apparate" sind vor allem die verschiedenen Arten der Rauchgasprüfer ausführlich behandelt. Es fehlt jedoch eine zusammenfassende Betrachtung über die Rauchgasanalyse und die Anforderungen, die an einen Rauchgasprüfer gestellt werden müssen. Auch im dritten Teil: „Die Überwachung des Dampfmaschinenbetriebes und die dazu notwendigen Apparate" sind manche Kapitel nur unzureichend oder gar nicht ergänzt; sie enthalten daher z. T. veraltete Konstruktionen, z. B. für Hubverminderer. Andre Teile sind unnötig ausführlich, während z. B. über verschiedene wichtige thermodynamische Vorgänge nichts gesagt ist.

[1]) Die dritte Auflage hat Rummel eingehend besprochen; Z. Bd. 57 (1913) S. 1877.

Ein vierter Teil: „Messung von strömenden Dampf-, Luft- und Gasmengen“ ist neu hinzugefügt. Das ist bei der großen Bedeutung z. B. der Dampfmengenmessung sehr zu begrüßen. Bei einer späteren Auflage könnte man diesen wichtigen Teil auf Kosten mancher unnötigen Breiten in anderen Abschnitten wesentlich erweitern. Das im Anhang beigegebene Bezugsquellenverzeichnis für Meßgeräte ist recht wertvoll. Dagegen fehlt ein alphabetisches Sachverzeichnis. [E 159] E. Praetorius

Die überwachungspflichtigen Anlagen in Preußen, 2. Bd.: **Bestimmungen über Anlegung und Betrieb der Dampfkessel.** Erl. von H. Jaeger, neubearb. von O. Ulrichs. 5. Aufl. Berlin 1926, Carl Heymanns Verlag. 458 S. Preis 16 ℳ.

Die vorliegende Neubearbeitung hält sich an den Stoff der früheren Ausgaben. Neu hinzugekommen ist die Einleitung mit einer Übersicht über die deutsche Dampfkessel-Überwachung.

Der Verfasser gliedert das Buch in folgende Abschnitte: Zweck der Dampfkessel-Überwachung, gesetzliche Grundlagen für die Dampfkessel-Überwachung, Durchführung der Dampfkessel-Überwachung, Stellung der Dampfkessel-Überwachungsvereine zum Staat und Gemeinschaftsarbeit bei der Dampfkessel-Überwachung, wobei reiche Quellen über Erlasse und Verordnungen der Länder, die Zuständigkeit der Behörden usw. angeführt werden. Diese Hauptabschnitte sind recht ausführlich, und die sachkundige Bearbeitung zeigt, daß der Verfasser mit dem Stoff gut vertraut ist. Dies bezeugt auch seine verständnisvolle Mitarbeit als Vertreter der preußischen Regierung im Deutschen Dampfkessel-Ausschuß, die ihm in Fachkreisen große Wertschätzung eingetragen hat.

Das Buch wird allen Fachleuten ein willkommenes Nachschlagewerk sein. Zu bedauern ist nur, daß die neuesten Werkstoff- und Bauvorschriften, die jetzt erschienen sind, noch nicht Aufnahme gefunden haben. Anderseits aber werden sich bei der heutigen schnellen Entwicklung des Kesselbetriebes und den neuen Erkenntnissen und Erfahrungen sehr bald wieder neue Vorschriften nötig machen. Man kann daher bei der Neubearbeitung eines derartigen Werkes nicht alles erfassen.

Der Verlag hat das Buch gut ausgestattet; das Inhaltsverzeichnis ist sehr übersichtlich, obwohl es umfangreicher geworden ist. [E 145] Paul Koch

Landes-Elektrizitätswerke. Von A. Schönberg und E. Glunk. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 398 S. m. 144 Abb. Preis 28 ℳ.

Das Buch ist Oskar v. Miller von seinen Mitarbeitern zu seinem 70. Geburtstage gewidmet. Sein Anteil an der Entwicklung der Elektrizitätswerke — im umfassendsten Sinne zur Versorgung ganzer Kreise und Länder — in technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Hinsicht ist im Vorwort besonders gewürdigt.

Entwürfe von Anlagen, die im Ingenieurbüro Oskar v. Millers geschaffen worden sind, dienen als Grundlage für das Buch. Die Verfasser zeigen die Verfahren der Vorerhebungen über Stromverbrauch und Kraftbeschaffung, die Erwägungen bezüglich Auswahl der Kräfte, Anordnung und Berechnung der Leitungsnetze. Eingehend werden die Kostenberechnungen erläutert und mit Unterstützung namhafter Firmen eine Reihe von Kostenangaben gemacht, die für allgemeine Vergleichsrechnungen äußerst wertvoll sind. Aus dem weiteren Inhalt seien noch genannt die Organisation der Landeswerke und ein Ausblick auf ein Reichselektrizitätswerk, dessen technische und wirtschaftliche Möglichkeit nachgewiesen wird.

Die Verfasser bringen eine Fülle von wertvollen Erfahrungen und Anregungen, die unmittelbar aus der Praxis stammen. Daß die Elektrizitätsversorgung durch Wasserkraftanlagen im Vordergrunde steht, ist in dem Arbeitsgebiet Oskar von Millers begründet. Das Bayernwerk als Muster eines Landeselektrizitätswerkes mit Wasserkraftwerken und Dampfkraftwerken ist ja bekanntlich seine eigenste Schöpfung.

Die Ausführungen selber sind klar und sorgfältig durchgeführt und durch zahlreiche übersichtliche Tabellen, sehr gute Zeichnungen, Abbildungen und Vorlagen ergänzt, so daß das Buch weitesten Kreisen warm empfohlen werden kann. [E 150] P. Reinisch

Die Transformatoren. Von Milan Vidmar. 2. verb. u. verm. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 751 S. m. 320 Abb. Preis 36 ℳ.

Das vorliegende Werk zählt nach Umfang und Behandlung zu den wichtigsten Erscheinungen auf diesem Gebiet. Der Grundaufbau des Buches, das sich unter den Elektrotechnikern durch seine lebendige und eindringliche Schreibweise von Anbeginn viele Freunde erworben hat, konnte unverändert bleiben.

Den Fragen des Großtransformatorenbaues ist weitgehend Beachtung geschenkt, wie es der Bedeutung dieses wichtigen Baugliedes moderner Großkraftübertragungen entspricht. Die Heranziehung amerikanischer Bauerfahrungen ist wertvoll; es wäre dabei erfreulich, wenn künftige Auflagen nicht nur, wie bisher, hauptsächlich die Durchbildung der Kühlanlagen kennzeichnen würden, sondern darüber hinaus die Behandlung des Spannungsproblems der Transformatoren bis 220 kV zur Anschauung brächten.

Der Verfasser begnügt sich nicht damit, nur die technische Seite des Transformatorenbaues zu behandeln. Stets schweben ihm die Fragen der Wirtschaftlichkeit und die Sorgen des Betriebsmannes vor Augen. Hierdurch gewinnt sein Werk besondere Bedeutung über den Kreis der Sonderfachleute hinaus; es schlägt eine Brücke zwischen diesen und dem Entwurfs- wie Betriebsingenieur, die im Zeitalter des Großbetriebes und der Spezialisierung allzu leicht die dringend notwendige Fühlung verlieren.
[E 105] Friedrich Rüdenberg

Die wirtschaftliche Regelung von Drehstrommotoren durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskaden. Von H. Zabransky. Berlin 1927, Julius Springer. 112 S. m. 105 Abb. Preis 9 ℳ.

Ausgehend von einer kurzen Übersicht über die Grundpatente, behandelt der Verfasser die Krämer- und die Scherbius-Kaskade. Er stellt die Beziehungen zwischen Spannungen, Strömen, Feldern und Drehzahlen der einzelnen Maschinen zusammen und gibt ein zeichnerisches Verfahren zur Ermittlung der gemischten Erregung des Gleichstromhintermotors an. Der zweite Teil der Arbeit enthält in zahlreichen Schaulinien die Gegenüberstellung der Wirkungsgrade der verschiedenen Regelungen (Krämer-, Scherbiuskaskade, Widerstandsregelung, Einankerumformer mit Gleichstrommotor); die zugehörigen Zahlentafeln sind im Anhang beigefügt. Da die Literatur eine Zusammenstellung in der vorliegenden Form noch nicht aufweist, wird das Buch dem entwerfenden Ingenieur zum schnelleren Einarbeiten willkommen sein. Als Mangel muß jedoch erachtet werden, daß sich der Verfasser auf Unterlagen der AEG beschränkt und die Ausführungen andrer führender Firmen unerwähnt läßt. [E 149] Zn.

Brennstoff und Verbrennung. Von D. Aufhäuser. 1. Teil. Brennstoff. Berlin 1926, Julius Springer. 116 S. m. 16 Abb. Preis 4,20 ℳ.

Das vorliegende Buch bildet den ersten Band einer Technologie der Verbrennung. Das Ziel ist der Nachweis, daß man die Verbrennung in Flammen, technischen Feuerungen und Motoren auf Grund einheitlicher, allgemein gültiger Gesetze darstellen kann. Der Verfasser will also die übliche Betrachtungsweise, die auf der zufälligen Art des Verbrennungsraumes beruht, durch eine einheitliche Technologie der Verbrennung ersetzen. Die verschiedenen Formen der Verbrennung fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe in Feuerungen und Motoren erklären sich dann durch Veränderungen der Kohlenstoffverbindungen vor und während der Verbrennung, wobei dem Wasserstoff, dem Kohlenoxyd und der Wassergasreaktion ein besonderer Vorzug eingeräumt wird.

Das Buch behandelt zunächst Definition, Einteilung und chemische Zusammensetzung der Brennstoffe, Verbrennungswärme und Brennstoffe als Kohlenstoffverbindungen. Dann folgen Darstellungen über Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff vom chemischen Standpunkt und der chemische Aufbau der Systeme Kohlenstoff, Kohlenstoff-Sauerstoff, Kohlenstoff-Wasserstoff und Kohlenstoff-Wasserstoff-Sauerstoff. Der Verfasser vertritt in Anlehnung an Baker, Dixon, Read, Wheeler die Theorie der primären Kohlenoxydbildung bei der Verbrennung. Auch der Gegner dieser Theorie wird das Buch mit Nutzen lesen und viel Anregung daraus schöpfen.

Der zweite Band soll die Vorgänge bei der Zündung, Verbrennung und Explosion behandeln.
[E 160] Dr. Ing. W. Allner

Neuzeitliche Härteanlagen mit Gasfeuerung. Von Dipl.-Ing Kaßler. Berlin 1927, Verlag: Der Gasverbrauch. 79 S. m. 43 Abb. Preis 1,50 ℳ.

Die Schrift behandelt die Härteinrichtungen mit Gasfeuerung nach neuzeitlichen Gesichtspunkten. Es werden die Grundlagen der Härtung erläutert, d. h. die chemische Zusammensetzung der Stähle und ihre metallurgischen Eigenschaften sowie das Härten im Einsatz. Weiter werden die für Härtöfen zu fordernden Eigenschaften behandelt und die Einzelheiten der Öfen und der verschiedenen Ofenbauarten besprochen. Die zu einer Härtanlage weiter gehörenden Gebläse, Leitungen usw. werden kurz erörtert und im letzten Abschnitt die Fragen der Organisation einer Härterei untersucht, wie Wahl der Ofengröße, Kontrollwesen, Kalkulation u. a.

Theorie und Praxis im Automobil-Motorenbau. Von Curt Hanfland. 1. Aufl. Stuttgart 1926, Dieck & Co. 415 S. m. 341 Abb. Preis 40 ℳ.

Das vorliegende Buch verfolgt den Zweck, dem weniger vorgebildeten Ingenieur einen Anhalt für den Entwurf der Automobilmotoren zu geben. In der Absicht, auch dem Fachkundigen einen Behelf zu bieten, hat der Verfasser einen Teil des Inhaltes, der die allgemeinen Begriffe und Formeln zusammenfaßt, alphabetisch nach Stichworten geordnet, die das Nachschlagen erleichtern. Auf diesen allgemeinen Teil folgen Abschnitte über bauliche Gestaltung und Berechnung der Hauptteile des Automobilmotors, wie Zylinder, Kolben, Pleuelstangen, Kurbelwellen usw. Die Art der Bearbeitung des Stoffes hält hier zwischen der rein beschreibenden und der ausschließlich für den Konstrukteur berechneten die Mitte. Der Konstrukteur dürfte namentlich in den weiter folgenden Abschnitten, die die Zubehörteile des Motors behandeln, das tiefere Eingehen auf Wirkungsweise und Berechnung vermissen. In einem Schlußteil des Buches werden auch über Prüfstände für Motoren und über die Durchführung der Prüfung und die Wahl von Baustoffen Anleitungen gegeben. [E 144] H.

Ambronn-Festschrift der Kolloidchemischen Beihefte. Herausgeg. von A. Frey und W. Ostwald. Dresden 1926, Theodor Steinkopff. 376 S. m. Abb. Preis 18 ℳ.

Hermann Ambronn, ursprünglich Botaniker, wurde 1899 von der Universität Jena an den von Abbe geschaffenen Lehrstuhl für wissenschaftliche Mikroskopie berufen. Neben seiner Lehrtätigkeit leitete er eine Zeitlang in den Zeißwerkstätten die Abteilung für Mikroskopie und übernahm danach die Leitung des auf seine Veranlassung gegründeten Instituts für Mikroskopie an der Universität Jena.

Ambronn hat sich besonders um den Ausbau und die wissenschaftliche Begründung einer Anschauung Nägelis verdient gemacht, wonach auch die Kolloide aus kristallähnlichen Teilchen aufgebaut sind. Der Beweis gründet sich auf die Erscheinungen der Doppelbrechung.

Das vorliegende zum 70. Geburtstag Ambronns erschienene Werk enthält 27 Beiträge, in denen vorwiegend Erscheinungen der Doppelbrechung und ihre Bestätigung durch Röntgenspektren behandelt werden. Manche von diesen Arbeiten sind wichtig für die Textil- und Farbstoffindustrie. Besonders bemerkenswert ist ein Beitrag von J. R. Katz, Amsterdam, wonach der stark gedehnte natürliche Kautschuk im Gegensatz zum synthetischen kristallisiert. Die Herstellung des natürlichen Kautschuks ist hiernach bisher noch nicht gelungen. [E 141] W. Schm.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. 5. Bd.: Germanium-Hornbaum. Leipzig 1926, Bibliographisches Institut. 1787 S. m. zahlr Abb. Preis 30 ℳ.

Für den Ingenieur bemerkenswert sind u. a. die Abschnitte: Geschütze, Glasbereitung, Handfeuerwaffen, hauswirtschaftliche Geräte und Maschinen, Heizungsanlagen und Holzbearbeitung. Gute Abbildungen bringen diese Gegenstände auch dem Verständnis des Laien näher.

Die Bergwerksmaschinen. Herausgeg. von Hans Bansen. 3. Bd.: **Die Schachtfördermaschinen.** 2. Aufl. Bearb. von Fritz Schmidt u. Ernst Förster. 2. T.: Die Dampffördermaschinen. Von Fritz Schmidt. Berlin 1927, Julius Springer. 291 S. m. 231 Abb. Preis 15 ℳ.

Die graphische Statik der Baukonstruktionen. Von Heinrich Müller-Breslau. 1. Bd. 6. Aufl. Leipzig 1927, Alfred Kröner. 628 S. m. 611 Abb. u. 6 Taf. Preis 23 ℳ.

Mitteilungen über Versuche, ausgeführt vom Österr. Eisenbeton-Ausschuß, 11. H.: **Versuche mit Säulen aus umschnürtem Beton und aus umschnürtem Gußeisen.** Von Fritz Emperger. 40 Abb. u. 6 Taf. **Setzprobe und Flüssigkeitsgrad von Beton, Vergleich verschiedener Probekörperformen.** Erstattet von Franz Rinagl. 11 Abb. 2 Zahlentaf. 110 S. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. Preis 5 ℳ.

Räumliche Vieleckrahmen mit eingespannten Füßen. Von Alfred Millies. Berlin 1927, Julius Springer. 96 S. m. 53 Abb. Preis 12 ℳ.

Der Eisenbau. Ein Handbuch für den Brückenbauer und Eisenkonstrukteur. Von Luigi Vianello. 3. Aufl. erweitert von Luz David. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 617 S. m. 640 Abb. Preis 31,50 ℳ.

Handbibliothek für Bauingenieure. Herausgeg. von Robert Otzen. II. T.: Eisenbahnwesen und Städtebau. 4. Bd.: **Oberbau und Gleisverbindungen.** Von Adolf Bloß. Berlin 1927, Julius Springer. 171 S. m. 245 Abb. Preis 13,50 ℳ.

Locomotive engineers' pocket book 1927. London 1927, The Locomotive Publishing Co., Ltd. 312 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 sh 6 d.

Allgemeine Energiewirtschaft. Von Hans von Jüptner. Leipzig 1927, Otto Spamer. 138 S. m. 22 Abb. Preis 12,50 ℳ.

Die Städteheizung. Bericht über die vom Verein Deutscher Heizungs-Ingenieure E. V. einberufene Tagung vom 23. u. 24. Oktober 1925 in Berlin. Im Auftrag des Arbeitsausschusses verfaßt von J. Fichtel, A. Marx und O. Fröhlich. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 209 S. Preis 8 ℳ.

Die nutzbaren Mineralien m. Ausnahme der Erze u. Kohlen. Von Bruno Dammer u. Oskar Tietze. 2. Aufl. von Bruno Dammer. 1. Bd.: 554 S. m. 66 Abb. Stuttgart 1927, Ferdinand Enke. Preis 35,40 ℳ.

Azetylen-Sauerstoff-Schweiß- u. Schneidbrenner. Aus „Technologic Papers" Nr. 200 des Bureau of Standards, Washington. Übersetzt von W. Reinacher. Berlin 1927, VDI-Verlag. 82 S. m. 45 Abb. Preis 3,80 ℳ.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausgeg. von F. Auerbach u. W. Hort. 1. Bd. 1. Lfg.: 306 S. m. 120 Abb. Preis 30 ℳ. 3. Bd.: 468 S. m. 198 Abb. Preis 42,50 ℳ.

Werkstattbücher 28. H.: **Das Löten.** Von W. Burstyn. Berlin 1927, Julius Springer. 44 S. m. 75 Abb. Preis 1,80 ℳ.

Der Kraftfahrer. Ein Hilfsbüchlein für Kraftfahrschulen. Von H. Wehrle. München 1927, Bayer. Revisions-Verein. 72 S. Preis 1,50 ℳ.

DIN-Taschenbuch 7. **Normen der Elektrotechnik f. Maschinen, Transformatoren, Apparate.** Januar 1927. Berlin 1927, Beuth-Verlag. 135 S. Preis 2,75 ℳ.

Merkblätter für Berufsberatung. F. 4: **Der Bauingenieur.** Von Dr. de Thierry. Berlin 1927, Trowitzsch & Sohn. Preis 0,40 ℳ.

Unterrichtsprobleme in Chemie und chemischer Technologie im Hinblick auf die Anforderungen der Industrie. Von Wolf Johannes Müller. Wien 1927, Julius Springer. 17 S. Preis 1 ℳ.

25 Jahre Handwerkskammer für den Regierungsbezirk Koblenz. Verf. von Dr. Otto. Koblenz a. Rhein 1927. 115 S.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 16. APRIL 1927 NR. 16

Die neue Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Hämerten

Von Reichsbahnrat Zwach, Vorstand der Eisenbahn-Bauabteilung Elbebrücke, Stendal

Ungenügende Tragfähigkeit der alten Brücke — Entwurf und Gestalt der neuen Brücke — Ausbildung der Hauptträger der Strombrücke — Eisenbetonkammern im östlichen Landpfeiler zur Aufnahme der Untersuchungswagen für die Strombrücke — Gründung der Strompfeiler mit Druckluft, der Vorlandpfeiler zwischen Spundwänden, z. T. mit offener Wasserhaltung, z. T. mit Grundwassersenkung — Die eisernen Überbauten der Flut- und der Strombrücke — Entrostungs- und Anstricharbeiten — Schweißen der Schienen

Am 17. Dezember 1926 wurde die neue Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Hämerten im Zuge der Strecke Berlin – Stendal in Betrieb genommen und gleichzeitig die alte Brücke, an deren Stelle die neue nunmehr getreten ist, außer Betrieb gesetzt. 55 Jahre lang hat die alte Brücke dem Eisenbahnverkehr gedient. Sie ist in den Jahren 1868 bis 1870 gebaut worden und hat 18 Öffnungen, und zwar fünf von rd. 63 m, vier von rd. 38 m, acht von rd. 31 m und eine Öffnung von rd. 35 m l. W. Die eisernen Überbauten waren sämtlich Schwedlerträger. Die Öffnung von 35 m l. W. war ursprünglich von einer Drehbrücke überspannt. Diese wurde im Jahre 1894 durch eine feste Brücke ersetzt, weil der Segelschiffsverkehr infolge Einführung der Kettenschleppschiffahrt stark zurückgegangen war.

Weitere bauliche Veränderungen wurden durch die Zunahme der Verkehrslasten erforderlich. In den Jahren 1895/96 wurden Verstärkungen mit einem Kostenaufwand von 400 000 ℳ vorgenommen, denen bis zum Jahr 1912 weitere folgten, wodurch die Kosten auf 520 000 ℳ anstiegen. Trotzdem befriedigte die Tragfähigkeit der Brücke nicht.

Infolgedessen sah man sich genötigt, an einen Neubau heranzugehen. Dieser verzögerte sich indessen durch den Krieg und die Nachkriegzeit, so daß mit dem Neubau erst im Herbst 1923 begonnen werden konnte.

Entwurf und Gestalt der neuen Brücke

Der ursprüngliche Plan, nur die Überbauten auszuwechseln, wurde wegen der Schwierigkeit, diese Auswechslungen auf der sehr stark belasteten Strecke in den kurzen Zugpausen auszuführen und wegen der mangelnden Standfestigkeit der Pfeiler, die im Betriebe hätten verstärkt werden müssen, aufgegeben und der Bau einer ganz neuen Brücke neben der alten beschlossen.

Die neue Brücke, Abb. 1, hat ebenso wie die alte, 18 Öffnungen. Jedoch hat die Hauptschiffahrtsöffnung der neuen Brücke rd. 100 m l. W. statt 63 m bei der alten. Dafür sind zwei Öffnungen von 63 m l. W. der alten Brücke bei der neuen in drei entsprechend geringerer Spannweite aufgeteilt. Im übrigen sind die Öffnungen beider Brücken einander gleich.

Die Brücke ist geteilt in die sogenannte Flutbrücke, die das rd. 300 m breite westliche Vorland überspannt, und die rd. 500 m lange Strombrücke, die über den Strom und das östliche Vorland reicht. Dem Gesamteindruck kommt diese Teilung zustatten, da die mit ihrer hochliegenden Eisenkonstruktion besonders ins Auge fallende Strombrücke nunmehr symmetrisch zur Schiffahrtsöffnung liegt. Der Flutbrücke Überbauten mit tiefliegender Eisenkonstruktion zu geben, war deshalb möglich, weil die Wasserbauverwaltung hier nur eine Höhe von 36,37 m über N. N. für Konstruktionsunterkante, bei der Strombrücke dagegen 39,23 m über N. N. verlangte. Für die Strombrücke sah der ursprüngliche Entwurf einen Gerberträger mit Hängegurtung vor. Von der Bauabteilung wurden Änderungen vorgeschlagen, weil im vorliegenden Falle die Hängeform mit ihren vier Spitzen — bei einem viergleisigen Ausbau acht Spitzen — nicht recht in die ruhige, flache Landschaft paßte. Außerdem war die Form statisch nicht günstig, weil sie in der Mitte, an der Stelle der größten Momente, die geringste Trägerhöhe aufwies. Diese Abänderungsentwürfe hatten die Anfertigung weiterer Skizzen im Reichsverkehrsministerium, bei mehreren Brückenbauanstalten und bei der Bauabteilung zur Folge.

Der Entwurf der Brücke

Für die Ausführung bestimmt wurde schließlich der in Abb. 1 dargestellte, abgestufte Parallelträger, der gleichzeitig und unabhängig voneinander vom Geh. Baurat Schaper im Reichsverkehrsministerium und von der Firma Fried. Krupp, A.-G., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen, entworfen worden war.

Entwürfe für die eisernen Überbauten wurden durch die mit dem Bau betrauten Brückenbauanstalten nach Angabe und unter Leitung der Reichsbahndirektion Hannover weiter ausgearbeitet, während die Bearbeitung der Entwürfe für die Pfeiler sowie die örtliche Leitung des Brückenbaues der Bauabteilung Elbebrücke, Stendal, oblag.

Die günstigen Bodenverhältnisse, abwechselnd dicht gelagerter Sand und Kies und darunter eine mächtige Schicht von blauem Ton, ließen unbedenklich eine Bodenpressung von 4,5 kg/cm² zu. Danach sind die Gründungen der Pfeiler bemessen worden.

Die Gründungsbauten

Für die Gründung der Vorlandbauten wurde Beton zwischen Spundwänden benutzt, für die fünf Strompfeiler Druckluftgründung verwendet. Der östliche Landpfeiler ist dadurch besonders bemerkenswert, daß er eine neuartige Einrichtung besitzt, nämlich Kammern zur Unterbringung der Brückenuntersuchungswagen. Die Strombrücke erhält im ganzen nur zwei Untersuchungswagen, Abb. 2, die, auf jeder Brückenseite laufend, so konstruiert sind, daß sie die Strombrücke in ihrer ganzen Länge, der eine auf der rechten Brückenseite, der andre auf der linken, befahren können. Schwenkbare Ausleger gestatten eine Besichtigung der Unterseite der Brücke in ihrer ganzen Ausdehnung. Angetrieben werden diese Wagen durch Benzolmotoren. Untergebracht werden sie in den erwähnten Eisenbetonkammern im östlichen Landpfeiler. Durch eiserne Tore sind die Kammern nach der Wasserseite hin verschlossen, während sie vom Deich aus zugänglich sind und durch Oberlichte erhellt werden. Sämtliche Pfeiler sind aus Stampfbeton hergestellt, der beim Grundmauerwerk ein Mischverhältnis von 10 Teilen Betonkies auf 1 Teil Zement und ½ Teil Traß und beim aufgehenden Mauerwerk ein solches von 8 Teilen Betonkies auf 1 Teil Zement und ½ Teil Traß aufweist. An der der Strömung und dem Eisgang am stärksten ausgesetzten Seite sind die Vorlandpfeiler mit Granitwerksteinen verkleidet. Sonst sind sie mit Vorsatzbeton versehen, der durch Verwendung von Granitsplitt und Granitgrus sowie steinmetzmäßige Bearbeitung ein

Öffnung 11 bis 18 Flutbrücke Öffnung 10 Pfeiler

Abb. 1. Gesamtansicht der neuen Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Hämert

granitähnliches Aussehen erhalten hat. Zum Schutz gegen das kohlensäurehaltige Grundwasser ist die Sohle des Grundmauerwerks aus besonders dichtem und fettem Beton hergestellt worden.

Auch die unter Verwendung von Druckluft hergestellten Gründungen der Strompfeiler sind gegen das kohlensäurehaltige Grundwasser geschützt worden, und zwar durch eine Sohlenschicht aus fettem wasserdichten Siccofix-Zementbeton und an den Seiten durch ebensolchen Vorsatzbeton. Das aufgehende Mauerwerk der fünf Strompfeiler ist im Gegensatz zu dem der Vorlandpfeiler wegen des stärkeren Eis- und Wasserangriffs auf allen Seiten mit Granitwerksteinen verkleidet.

Die Pfeilerköpfe sind als durchgehende Eisenbetonplatten ausgebildet, von der die Auflagerquadern — ebenfalls aus Eisenbeton — einen Teil bilden, Abb. 2.

Im Herbst 1923, also in der Zeit der schlimmsten Inflation, wurde mit dem Bau der Pfeiler auf dem westlichen Vorland begonnen.

Die fortgesetzte Geldentwertung sowie der lange harte Winter 1923/24 hemmten den Fortgang der Arbeiten sehr, so daß erst im Sommer 1924 ein flottes Arbeitstempo angeschlagen werden konnte, das trotz mannigfacher Schwierigkeiten, wie Hochwasser, Hindernisse beim Rammen und Streik, eine Fertigstellung der Pfeiler bis zum Dezember gestattete.

Inzwischen hatte man mit der Herstellung des östlichen Landpfeilers und der drei Vorlandpfeiler auf dem östlichen Ufer begonnen. Schwierigkeiten bei der Wasserhaltung veranlaßten eine Änderung der Gründungsart. Statt offener Wasserhaltung wurde Grundwassersenkung verwendet. Diese bewährte sich auch hier.

Besondere Vorsicht erforderte der Bau des östliche Landpfeilers, weil er den Deich durchschneidet und d Deich hier wegen der verhältnismäßig geringen Brei des Hochwasserprofils sowieso bei Eisgang gefährd ist. Der Deichverband Jerichow machte deshalb den B von besonderen Vorsichtsmaßregeln abhängig. Zunäch mußte der neue Bahndamm hinter dem Deich möglich hoch und breit geschüttet werden. Dann durfte der Au hub für das Grundmauerwerk nur stückweise ausgefüh werden. War ein Teil der Baugrube ausgehoben, mußte er sofort zubetoniert werden. Ferner mußten großem Umfange Sicherungsmittel, wie Faschinen u Sandsäcke, vorrätig gehalten werden. Dank dieser Vo sichtsmaßnahmen und der günstigen Witterung ging d Bau ohne jede unliebsame Überraschung vor sich.

Bei der Herstellung der fünf Strompfeiler benutz man das Verfahren der Druckluftgründung, und zw wurden die Senkkästen nicht, wie es im allgemeinen ü lich ist, von Gerüsten, sondern von Inseln abgesenkt, d zunächst zwischen leichten Spundwänden hergestel wurden. Auf den Inseln wurden die Eisengerippe aufg stellt. An ihnen wurden die Schalungen befestigt und d Zwischenräume ausbetoniert. So entstanden Eisenbeto Senkkästen. Diese wurden nun allmählich durch die I seln hindurch abgesenkt und unter entsprechender Hoc führung des aufgehenden Mauerwerks in den gewachsene Boden hinein bis zur vorgeschriebenen Tiefe abgelasse Dann wurde die Arbeitskammer vollkommen mit Beto gefüllt. Die erforderliche Druckluft lieferten Elektr kompressoren, die auf den Arbeitsgerüsten standen und ih Kraft von der Stromerzeugeranlage am Ufer empfinge

Der mitten im Strome stehende Pfeiler Nr. 5 wurd wegen der großen Wassertiefe nicht vo einer Insel, sondern von einem Gerüs abgesenkt. Er hing an 14 Spindeln, di im ungünstigsten Falle mit je 60 t be lastet wurden. Um ein gleichmäßige Ablassen aller 14 Spindeln zu erreiche wurden die entsprechenden 14 Dreh hebel durch Gestänge miteinander ve bunden. Zur Bewegung diente ein Bauwinde. Sobald der Senkkasten au dem Boden fest aufsaß, wurden di Spindeln ausgehängt. Die weitere Ab senkung entsprach der der übrige Pfeiler.

Die Einschränkung der Durchfahr weite durch den Bau der Pfeiler macht die Einrichtung eines umfangreiche Signal- und Schleppdienstes erforderlich

Am 15. Oktober waren sämtlich Pfeiler bis auf geringe Rest- und Nach arbeiten fertig. Inzwischen waren auc die Arbeiten an den eisernen Überbaute in Angriff genommen worden.

Abb. 2. Brückenuntersuchungswagen

Östliches Vorland
(Stendal), von Süden gesehen, dahinter die außer Betrieb gesetzte alte Brücke

Die Flutbrücke

Wie bereits erwähnt, hatte es sich als zweckmäßig erwiesen, die Brücke in zwei durch ihre Formgebung stark voneinander abweichende Teile, die Strombrücke und die Flutbrücke, aufzuteilen. Die Flutbrücke erstreckt sich über das rd. 300 m breite westliche Vorland, die Strombrücke überbrückt den Strom und das östliche Vorland. Sie ist rd. 500 m lang. Die Flutbrücke durfte bis auf 26,37 m über N.N. herabreichen, also um 4,53 m unter die auf 40,90 m über N.N. liegende Schienenoberkante. Sie konnte also als Deckbrücke (mit tiefliegenden Hängeträgern) ausgebildet werden, und zwar war es möglich, für die Öffnungen Nr. 11 bis 18 die gleiche Stützweite von 34,20 m und gleiche Überbauten anzuwenden. Die Öffnung Nr. 10 erhielt mit Rücksicht auf die Pfeilerstellung der alten Brücke eine um zwei Feldweiten, also 2 × 3,42 = 6,84 m, größere Spannweite von 41,04 m Länge, und zwar entfallen zwei Felder auf den Kragarm des Überbaues 11, während der als Schwebeträger ausgebildete Überbau 10 in seinen Abmessungen den Überbauten 11 bis 18 entspricht.

Als Baustoff für die eisernen Überbauten der Flutbrücke wurde hochwertiger Baustahl St 48, für die Niete, Schrauben und Futterstücke Stahl St 37 verwendet. Da hierdurch jedoch an den Nietanschlüssen zahlreiche Niete und dementsprechend große Knotenbleche erforderlich wurden, so wurden für den später bearbeiteten Kragträger der Öffnung Nr. 11 auch die Niete aus St 48 hergestellt.

Besonders bemerkenswert ist, daß bei Flutbrücke und Strombrücke das bewegliche Auflager des einen Überbaues über dem festen des benachbarten Überbaues liegt. Hierdurch wird ein mittiger Angriff der Auflagerkräfte und eine verhältnismäßig geringe Beanspruchung des Pfeilermauerwerks erreicht, so daß die Pfeiler der neuen Brücke trotz der größeren Lasten nicht dicker gemacht zu werden brauchten als die der alten Brücke. Eine Einengung des Durchflußprofils wurde auf diese Weise vermieden. Bei der Flutbrücke ist die gemeinsame Auflagerung so ausgestaltet, daß das feste Auflager des einen Überbaues auf dem Auflagerstein aufruht, wobei es gegen seitliche Verschiebungen durch vier Dollen gesichert ist. Diese ragen nur um 3 cm über die untere Kante des Auflagerkörpers herüber, wodurch eine leichte Auswechslung der Auflager ermöglicht wird. Der benachbarte Überbau ist nun mit Hilfe einer kurzen Pendelstütze auf einem Lagerkörper beweglich gelagert, der in dem Endknotenpunkt des ersteren Überbaues angeordnet ist.

Die gleiche Ausbildung fast aller Überbauten erleichterte den Zusammenbau erheblich. Erschwert wurde sie jedoch dadurch, daß die Wasserbauverwaltung nur die gleichzeitige Einrüstung zweier Öffnungen zuließ. Auch durfte in jeder Öffnung nur eine Stütze stehen. Dies bedingte die Verwendung schwerer eiserner Gerüste. Zwei elektrisch betriebene Portalkrane, von denen der eine etwa in Höhe der zukünftigen Schienenoberkante und der andre etwa 5 m tiefer lief, dienten zur Beförderung und zum Einbau der Bauteile. Das Aufreiben geschah elektrisch, das Nieten mit Druckluft.

Abb. 3. Querträger, der den Übergang von der Flutbrücke zur Strombrücke bildet

Die Strombrücke

Den Übergang von der 6,8 m breiten Flutbrücke zur 9 m breiten Strombrücke bildet der in Abb. 3 dargestellte Querträger, der mit dem Überbau 10 der Flut-

40560 40560 40560
Öffnung 1 Öffnung 2 Öffnung 3
1 2 3

Abb. 4 und 5
Statische Wirkungsweise der Hauptträger in den Öffnungen 1, 2, 3 und 7, 8, 9 als Balken auf zwei Stützen

Abb. 6 bis 11
Pendelgelenk über Pfeiler III

Abb. 9
Schnitt E–F

Abb. 6

Abb. 11
Untergurt und unterer Windverband

Abb. 12
Bauzustand 1

Abb. 13
Bauzustand 2

Der vordere Teil des Kranes war im Bauzustand 1 und 2 mit dem Brückenobergurt gut verbunden

Abb. 8
Schnitt C–D

Abb. 10
Schnitt G–H

Abb. 7
Schnitt A—B, Portal

rücke fest verbunden ist. Auf den überkragenden Enden ist der Überbau 9 der Flutbrücke mit Stelzen-agern beweglich gelagert.

Die Strombrücke ist ein abgestufter Parallelträger und symmetrisch zur Schiffahrtsöffnung angeordnet. Die Trägerhöhen betragen bei der Mittelöffnung 15 m, bei der sich östlich und westlich anschließenden Seitenöffnung 9 m und bei den drei sich beiderseitig an diese anschließenden Seitenöffnungen 5,5 m. Die entsprechenden Spannweiten betragen rd. 106 m, 67, 45 und 40 m. Die statische Wirkungsweise der Hauptträger über den Öffnungen 1, 2 und 3 auf der Ostseite, denen auf der Westseite die Öffnungen 7, 8 und 9 entsprechen, als Balken auf zwei Stützen zeigen Abb. 4 und 5. Der mittlere Überbau (5) ist ein Balken auf zwei Stützen mit überkragenden Enden. In den beiden Seitenöffnungen 4 und 6 liegt je ein als Pendelgelenk ausgebildetes Gerbergelenk. Der Obergurt des eingehängten Trägers ist über die Endlotrechte verlängert, und diese Verlängerung stützt sich auf ein Pendel, das an seinem unteren Ende auf einem Lagerkörper ruht, der in den Endknotenpunkt des Kragträgers eingebaut ist. Eine ganz ähnliche Ausbildung haben die beweglichen Auflager über den Pfeilern 1, 2, 3, 6, 7 und 8 erhalten, die auf diese Weise über den festen Auflagern der benachbarten Überbauten liegen, wodurch die Pfeiler ebenso wie die der Flutbrücke zentrisch belastet werden, Abb. 6 bis 11.

Abb. 12 bis 14
Vorbau der Hauptbrücke
a Elektrische Winde, 10 t Zugkraft an der Trommel *b* Rückverankerung *c* Zugstange

Abb. 14
Bauzustand 3

Der beweglich gelagerte Überbau wird durch einen Rahmen abgeschlossen. Der untere Riegel ist als Fachwerk ausgebildet. Die Fahrbahnträger gehen frei durch ihn

hindurch und sind an dem vollwandigen Endquerträger des benachbarten fest gelagerten Überbaues längsbeweglich angeschlossen. Mit diesem Querträger ist auch der Windverbandschnabel des benachbarten beweglich gelagerten Überbaues längsbeweglich verbunden. Der mittlere Überbau und die beiden anschließenden Überbauten haben obere Windverbände und Besichtigungsstege an den Obergurten erhalten.

Solange die Flutbrücke noch im Bau war, wurde nur an dem Aufbau der östlichen Hälfte der Strombrücke gearbeitet, erst nach Fertigstellung der Flutbrücke war es möglich, auch auf der Westseite die Strombrücke aufzubauen, da die Bauteile über die Flutbrücke hinweg befördert werden mußten. Da im Winter gleichzeitig nur drei Gerüststützen und im Sommer vier stehen durften, so ergab sich hier die Notwendigkeit, eiserne Gerüste zu verwenden. Wegen der größeren Pfeilerentfernungen und der schwereren Überbauten mußten diese kräftiger ausfallen als bei der Flutbrücke. Es genügten nicht einfache Walzträger, vielmehr mußten durch Sprengewerke versteifte Walzträger Verwendung finden. Im übrigen ging der Zusammenbau der Überbauten in der üblichen Weise vor sich.

Eine Besonderheit bot die Aufstellung des Überbaues der mittleren Öffnung der Strombrücke, der Schiffahrtsöffnung. Um die Schiffahrt nicht durch Gerüste zu behindern, wurde dieser Überbau von beiden Seiten frei vorgebaut. Das Gewicht der bis zu 53 m vorkragenden Teile machte besondere Rückhaltkonstruktionen erforderlich. Diese bestanden aus zwei Pendeljochen, die über den behelfsmäßig geschlossenen Gerbergelenken in den Öffnungen 4 und 6 standen. Über das Pendeljoch liefen sieben Flacheisen 500 × 10, die einerseits an dem oberen Eckknotenpunkt der Mittelöffnung, anderseits mit Hilfe von Keilverbindungen am Obergurt des Überbaues 4 oder 6 befestigt waren, Abb. 12 bis 14.

Der freie Vorbau ging nun in der Weise vor sich, daß zunächst unter Benutzung des Pendeljochs eine Plattform für den Vorbaukran, und zwar eine auf der Ost- und eine auf der Westseite, geschaffen wurde, Abb. 12. Hierauf wurde der Kran aufgebaut, Abb. 12. Mit diesem wurde dann das erste Feld zusammengesetzt, Abb. 13. Gehalten wurde es während des Zusammenbaues durch besondere Zugstangen. Diese wurden erst entfernt, nachdem das Feld vollkommen zusammengesetzt, auf richtige Überhöhung geprüft und verschraubt worden war, Abb. 14. Dann wurden die Knotenpunkte vernietet. Der Vorbaukran rückte darauf auf dem Obergurt in das erste Feld vor, Abb. 14. Nunmehr wurde an ihm eine Schutzbühne angebaut, die den Überbau umfaßte und einen dichten Bohlenbelag trug. Er sollte in erster Linie die Schiffahrt gegen herabfallende Gegenstände schützen, außerdem stellte er eine gute Arbeitsbühne dar. Der Zusammenbau der folgenden Felder glich dem des ersten Feldes. So wurden von Osten her vier und von Westen her drei Felder vorgebaut. Übr blieb nur noch das Schlußfeld. Um die Stäbe hierfi genau passend zu erhalten und jede Lücke an den Stöß zu vermeiden, wurden die Abstände zwischen den beid vorgebauten Teilen mit Hilfe eines Silberdrahtes gena gemessen. Danach wurden die Stäbe im Werk a genaue Länge angefertigt und beschleunigt zur Baustel befördert, um eingebaut zu werden. Nachdem dies g schehen war, wurden die Rückhaltkonstruktionen durc Senken der Pendeljoche, die auf Druckwasserpresse ruhten, entlastet. Die Mittelöffnung senkte sich. D Senkung betrug jedoch nur 31 mm, während sie sich nac der Rechnung auf 41,9 mm belaufen mußte. Die Eise konstruktion erwies sich also als steifer, als angenon men worden war. Am 31. August 1926 waren die Arbe ten an der Strombrücke im wesentlichen beendet.

Anstricharbeiten

Um eine rechtzeitige Fertigstellung der Brücke z erreichen, folgten die Anstreicherarbeiten möglich dicht auf die Eisenarbeiten. Dies war um so notwend ger, als die Eisenteile roh angeliefert und eingebaut wo den waren und nun zunächst mittels Sandstrahlgebläse entrostet und darauf von Hand mit Mennige überzoge werden mußten, worauf dann erst die beiden Deck anstriche aus Bleiweißfarbe aufgebracht werden konnte

Die Anstreicherarbeiten wurden so eingerichtet, da möglichst bald die Brückenbalken und darauf die Schiene verlegt werden konnten. Die Verlegung der Schiene machte besonders viel Arbeit, weil auf jedem Überba die einzelnen Schienen zu einem Stück nach dem alumino thermischen Schweißverfahren der Elektro-Thermit G. m. b. H., Berlin-Tempelhof, zusammengeschweißt wu den. Die Längenausdehnung wird durch Schienenauszüg ermöglicht, die senkrecht über den Pfeilern liegen. De Einbau der bis zu 120 m langen Schienenenden, die ge nau zwischen die Schienenauszüge passen mußten, wa naturgemäß schwieriger als die Verlegung von Regel oberbau. Zum Schluß wurde der eichene Bohlenbela der Fahrbahn und der Jarraholzbelag der Besichti gungsstege am Obergurt aufgebracht.

Baukosten und Bauausführung

Die Baukosten der Brücke belaufen sich auf rd 4½ Mill. ℳ. Die Herstellung der Pfeiler war den Firmen Windschild & Langelott, Zweigstelle Bremen, Gottlieb Tesch, Berlin, und Beuchelt & Co., Grünberg i. Schles. übertragen. Die eisernen Überbauten der Flutbrücke wurden von der Brückenbauanstalt Louis Eilers & Co. Hannover-Herrenhausen, die der Strombrücke von der Brückenbauanstalt Fried. Krupp, A.-G., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen, hergestellt und zusammengebaut. An den Werkstattarbeiten für die Strombrücke waren mitbeteiligt die Firma C. H. Jucho, Dortmund, und die Gutehoffnungshütte, Oberhausen. [B 55]

Elektrolytischer Kadmiumüberzug

H. C. Pierce[1]) befaßt sich mit der Frage der elektrolytischen Kadmiumüberzüge. Die vorzüglichen Eigenschaften des Kadmiums als Schutzüberzug für Stahl dienten bereits 1849 als Anlaß zur Anmeldung eines englischen Patentes. Inzwischen wurden wiederholt einschlägige Versuche bekannt, die jedoch erfolglos blieben.

Kadmium ist härter als Zinn und Zink, zäher als Zinn, hämmerbar und sehr dehnbar. Sein Verhalten gegen gewisse Einwirkungen läßt seine Widerstandfähigkeit verschiedentlich höher als jene von Zinn und Zink bewerten. In der Spannungsreihe ist Kadmium dem Eisen gegenüber elektropositiv, liegt aber so nahe am Eisen, daß die elektrolytische Schutzwirkung eines nicht ganz zusammenhängenden Kadmiumüberzuges auf Stahl ein viel langsameres Abbauen des Kadmiums bedingt, als das von Zinn- und Zinkbezügen unter ähnlichen Umständen. Die Durchlässigkeit soll bei elektrolytisch gefällter Kadmiumschicht ebenfalls geringer sein. Kadmium scheint sich mit Eisen bei etwa 250 °C zu legieren, diese Schichten sollen jedoch im Gegensatz zu ähnlichen Fe-Zn-Legierungen nicht spröde sein.

Die Verwendung von Cd-Schutzschichten wurde früher durch die schwierige Herstellung der Cd-Verbindungen, später durch die Schwierigkeiten in der regelmäßigen Herstellung gleichmäßiger, glänzender, gut haftender, leicht polierbarer Niederschläge gehemmt. Pierce behandelt dann die Entwicklung der einschlägigen, elektrochemischen Technik und seine eigene Entdeckung, daß ein Wollfiberzusatz im Bad die regelmäßige Herstellung glänzender Bezüge endlich ermöglicht hätte.

Die Mitteilungen verdienen nach meiner Ansicht auch in deutschen Fachkreisen eine gründliche Beachtung, die Mühe der Nachprüfung und der Weiterverfolgung. Man vermißt bedauerlicherweise Angaben über Wirtschaftlichkeit. Es wird lediglich auf die sehr hohe Niederschlagkraft des Kadmiums hingewiesen, das einen Mindestwert an Kraftkosten gewährleistet. [N 256 b]

Mülheim-Ruhr Dr.-Ing. Franz László

[1]) Vergl. „Brass World", Bd. 22 (1926) S. 397.

Zyklische Pfeilverzahnung

Die Abwälzfräsmaschinen für kreisbogenförmige Spiral-
erzahnungen (Böttcher-Gleason-Verzahnung[1])) stellen be-
anntlich Schrägverzahnungen nach dem Abwälzverfahren
urch Anpassen der Zahnform an die kreisförmige Schnitt-
ewegung eines Stirnfräsers her. Eine besondere Vorschub-
ewegung des Fräsers längs der Zahnflankenlinie wird
amit überflüssig; dank dieser Vereinfachung, die vorher
ür gerade Zahnformen nicht durchführbar war, konnte das
Fräsverfahren für die Verzahnung der Kegelräder ange-
vendet werden. Da kreisbogenförmige Schrägverzahnungen
ach einem einfachen Abwälzverfahren sehr genau herge-
tellt werden können und sich deshalb durch ungewöhnliche
uhe des Ganges auszeichnen, ging die für hochwertige
Kegelräder mittlerer Abmessungen stark interessierte und
n bezug auf Herstellziffern führende internationale Kraft-
vagenindustrie bereits während des Krieges zur fast rest-
osen Verwendung kreisbogenförmiger Spiralkegelräder über.

Wenn, abgesehen von derartigen großen Sondergebieten,
eute noch der allgemeinen Anwendung von Spiralkegel-
ädern trotz ihrer anerkannten Überlegenheit gewisse
chranken gesetzt sind, so liegt dies hauptsächlich an den
edeutenden Axialdrücken, die bei Schrägverzahnungen
eder Art als unvermeidliches Übel auftreten und den Einbau
icht unwesentlich erschweren und verteuern. Die weitere
Entwicklung drängt daher zwangläufig in Richtung pfeil-
rtiger Zahnformen, die imstande sind, die auftretenden
Axialdrücke ohne zusätzliche Beanspruchung der Lagerung
m Zahn selber auszugleichen.

Eine neuartige, durch ein Abwälzverfahren herstellbare
Zahnform[2]) wird gleichfalls unmittelbar aus der Schnitt-
ewegung ohne besondere Vorschubbewegung entlang der
ahnflankenlinie gebildet, indem die Werkzeugschneiden ent-
ang einer pfeilartigen Kurve bewegt werden und dabei in
inem Zuge die organisch zusammenhängende Flankenfläche
ines mit pfeilartigen Zähnen versehen gedachten Plan-
egelrades einhüllen. Die genaue Form des Flankenlinien-
erlaufes ergibt sich bei einem derartigen Verfahren aus der
ewählten Art der Schnittbewegung.

In ähnlicher Weise wie bei der Kreisbogenverzahnung
vird ein an seiner Stirnfläche mit geradflankigen Schneid-
tählen besetzter, gleichförmig sich drehender Fräskopf ver-
vendet, der jedoch, in einem besonderen Gehäusekörper ge-
agert, mit diesem gemeinsame Kreisschwingungen auf zwei
arallelen Exzenterwellen ausführt. Der Fräskopf nimmt
aher gleichzeitig an zwei verschiedenen Drehbewegungen
eil und führt eine Planetenbewegung aus. Die relative
Bahn der Schneidstähle geht hierbei von der einfachen Kreis-
urve in eine zyklische Kurve über, die sich aus dem Ab-
ollen zweier entsprechender Kreise ineinander ergibt und
bei den gewählten Verhältnissen die Form eines Polygons
mit abgerundeten Ecken hat, Abb. 1. Von dieser in sich
geschlossenen Kurve wird eine parabelähnliche Ecke an
Stelle des einfachen Kreisbogens zum Abwälzen auf den Rad-
körper benutzt. Für Pfeilverzahnungen mit einem Winkel
von 90° zwischen den Schenkeln ist eine Kurve mit vier
Ecken erforderlich.

Der die Viereckkurve beschreibende Fräskopf hat nur
drei Schneidstähle. Der Durchmesser ihrer Laufbahn ist
verhältnismäßig klein und nur wenig größer als die zu ver-
zahnende Radbreite. Die drei Schneidstähle sitzen nicht
unmittelbar fest auf dem Körper des Fräskopfes, sondern
in besonderen zylindrischen Stahlhaltern, die in entsprechen-
den Bohrungen des Fräskopfes gelagert sind. Diese Stahl-
halter führen während der Planetenbewegung im Körper
des Fräskopfes zwangläufig axiale und drehende Pendelbe-
wegungen aus. Die drehende Pendelbewegung soll den
Schnittwinkel konstant halten, während die axiale Pendel-
bewegung zum langsamen Vorschieben der einzelnen Stähle
während des Schnittes, entsprechend dem einzuhaltenden
Zahnfußwinkel, und zum zeitweiligen Zurückziehen der
Schneidstähle aus dem Radkörper während des zur Schneid-
arbeit nicht benutzten Teiles ihrer geschlossenen Kurven-
bahn benutzt wird. Die Steuerung erfolgt durch je eine
Kurve für drehende und axiale Pendelbewegung im Fräs-
kopfgehäuse. Da jeder Schneidstahl immer nur mit einer
Schneidkante arbeitet, während diese schneidende Kante
genau mit der entsprechend schräggelagerten Achse des zu-
gehörigen Stahlhalters zusammenfällt, haben geringe Fehler
in der Stahlhalterbewegung keinerlei Einfluß auf die von
den Schneidkanten eingehüllten Flankenflächen der zu-
grunde gelegten Planverzahnung. Um trotzdem jede Ab-
nutzung praktisch zu vermeiden, sind alle beweglichen Teile
im Fräskopf aus gehärtetem und geschliffenem Stahl her-
gestellt.

Da zwischen Radkörper und Ebene der Werkzeugbewe-
gung der Teilkegelwinkel eingestellt und der Zahnfuß-
winkel durch besonderes Vorschieben der einzelnen Stähle
auf dem Fräskopf während des Schnittes berücksichtigt
wird, liegen alle Hüllkörper tatsächlich in einer gemein-
samen Planradebene, während alle bei Schrägverzahnungen
durch Einstellen des Zahnfußwinkels entstehenden Fehler-
quellen vollkommen ausgeschaltet werden. Das Verfahren
arbeitet daher mit durchaus genauen Planverzahnungen, die
für Rad und Gegenrad sich vollkommen ergänzen und, abge-
sehen von Kopf- und Flankenspiel, wie Form und Abguß
ineinander passen. Die aus diesen Planverzahnungen durch
Abwälzen entwickelten Verzahnungen sind daher theoretisch
fehlerfrei und haben vollkommene Berührung über die
ganzen Zahnflanken.

Die in die Stahlhalter eingeschobenen Schneidstähle
werden durch einfaches Anschleifen zylindrischer Rundstähle
hergestellt, die beim Nachschleifen im Stahlhalter axial
verschoben werden. Ein Satz von drei Schneidstählen be-
steht aus einem rechten und einem linken Seitenstahl sowie

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 201 u. Bd. 68 (1924) S. 918. DRP 312 859, 319 173,
5 809, 325 592, sämtlich von Gleason angekauft.

[2]) P. Böttcher, Altona, Vom Spiralkegelrad zur zyklischen
Pfeilverzahnung, „Maschinenbau“ Bd. 6 (1927) S. 103.

Abb. 1
Entwicklung einer zyklischen Pfeilkurve aus dem Abrollen
zweier Kreise ineinander

Abb. 2
Pfeilkegelradherstellung
Sämtliche Flanken sind durch den Fräser
soeben angeschnitten

Abb. 3
Laufbahn der drei Schneidstähle relativ zum Zahnradkörper oder zur Planverzahnung

a, *c* Seitenstähle *b* Mittelstahl

einem Mittelstahl, der den Werkstoff in der Mitte der Zahnlücke herausschruppt. Die gleichen Stähle können für die verschiedensten Teilungen, Zähnezahlen und Kegelwinkel verwendet werden.

In bezug auf Einfachheit und Eigenart der verwendeten Schneidstähle ähnelt das Verfahren demnach dem Vorgang auf der Bilgram-Maschine, in bezug auf Leistung bietet es jedoch den Vorzug, daß der Mittelstahl und beide Seitenstähle nicht in getrenntem Arbeitsgang nacheinander, sondern alle gleichzeitig auf einem gemeinsamen Fräskopf ohne jede Umstellung arbeiten. Hierbei bietet sich noch der Vorteil besonders günstiger Spanzerteilung. Da unter der Voraussetzung gleicher Zahnbreiten der erforderliche Fräserdurchmesser nicht größer ist als der beim Hobeln anzuwendende Hub, werden bei gleicher Schnittgeschwindigkeit immer drei Schnitte während der Zeit ausgeführt, in der die Hobelmaschine einen einzigen ausführt. Da die hin und her gehende Bewegung durch zwei fortlaufende Drehbewegungen ersetzt wird und die Masse des im Kreise schwingenden, aus Leichtmetall ausgeführten Fräsergehäuses durch Gegengewichte auf den Exzenterwellen vollkommen ausgeglichen ist, arbeitet der Planetenfräskopf bei allen Geschwindigkeiten vollkommen stoßfrei. Jeder Stahl hat seine eigene, selbständige Aufgabe wie bei einer Hobelmaschine zu erfüllen, dadurch werden alle Schwierigkeiten beim Ausrichten vieler gleichartiger Schneidstähle auf einem Fräskopf von größerem Durchmesser vollkommen ausgeschaltet.

Um Teilungsfehler infolge Abnutzung der Schneidstähle, allmählicher Erwärmung der Maschine oder des Radkörpers, sowie Unregelmäßigkeiten im Teilmechanismus zu vermeiden, wird ein ununterbrochenes Teilverfahren benutzt, das dem Monneret-Verfahren für geradlinige Schnittbewegung und dem durch DRP 312 859 bekanntgewordenen Verfahren[3]) für kreisförmige Schnittbewegung ähnelt. Der Radkörper führt gleichzeitig mit der Abwälzbewegung eine vom Fräserantrieb zwangläufig abgeleitete, stetige Eigendrehung aus. Die in den Radkörper eintretenden Werkzeugschneiden treffen daher jeweils aufeinanderfolgende Zahnlücken des Rades, die im Verlauf einer einzigen, gemeinsamen Abwälzbewegung alle gleichzeitig angeschnitten,

[3]) Siehe über epizyklische Zahnformen: Kutzbach, Grundlagen und neuere Fortschritte der Zahnräderzeugung, S. 15 bis 20. Berlin 1925. VDI-Verlag.

allmählich vertieft und fertiggestellt werden. Einen in allen Zahnflanken soeben angeschnittenen Radkörper in Verbindung mit der entsprechenden Fräserstellung zeigt Abb. 2. Die durch die fortlaufende Eigendrehung des Radkörpers bedingte Verzerrung der ursprünglich rein zyklischen Form der Zahnflankenlinie, Abb. 1, zu einer Schleifenkurve ist in Abb. 3 dargestellt. Auf das genaue Zusammenpassen der Zahnflanken hat sie keinen Einfluß, da für zusammenarbeitende, entgegengesetzt gekrümmte Zahnflanken ein vollkommener Ausgleich auch dieser Verzerrung stattfindet.

Die Maschine, Abb. 4, leistet dasselbe wie die neuesten Hochleistungsmaschinen für einfachere Zahnformen, da die besonderen Vorzüge des angewendeten Verfahrens, wie günstigste Spanzerteilung, völlig ausgewuchtete Planetenbewegung des Fräskopfes, kurz eingespannte, einfache Schneidstähle und Vermeidung aller toten Bewegungen, geeignet sind, den höchsten Ansprüchen an wirtschaftliche Herstellung der Verzahnung zu genügen. In einem ununterbrochenen Arbeitsgang werden sämtliche Zähne eines Radkörpers fertig entwickelt, ohne daß inzwischen irgendwelche Umstellung oder Werkzeugwechsel erforderlich wären. Die Herstellkosten übersteigen daher keineswegs diejenigen einfacherer Zahnformen, während die Werkzeugkosten denjenigen einfacher Hobelmaschinen gleichkommen.

Durch Einbau von Pfeilkegelrädern der beschriebenen Art lassen sich nicht unbedeutende Ersparnisse erzielen, indem die Radabmessungen wegen der günstigen Festigkeitsverhältnisse der Pfeilzahnform geringer gehalten werden können und besondere Drucklager zwecks Aufnahme der bei Schrägkegelrädern auftretenden hohen Axialdrücke vollkommen wegfallen. Da Pfeilkegelräder sich stets selbsttätig gegeneinander richtig einstellen, wird die sonst erforderliche, genaue Justierung überflüssig.

Nach den gleichen Grundsätzen werden auch Maschinen zur Herstellung von Pfeilstirnrädern gebaut. Eine derartige Maschine ist in Abb. 5 dargestellt. Verschiedene Arbeitsmuster beider Maschinenarten zeigt Abb. 6.

Sämtliche Maschinen werden von der Firma Böttcher & Geßner, Altona-Bahrenfeld, geliefert. [M 94]

Altona-Bahrenfeld P. Böttcher

Abb. 6
Verschiedene Pfeilstirn- und -kegelräder, mit den Maschinen Abb. 5 oder 4, hergestellt

Abb. 4
Abwälzfräsmaschine für zyklische Pfeilkegelräder

Abb. 5
Abwälzfräsmaschine für zyklische Pfeilstirnräder

Herstellung und Prüfung der Maag-Zahnräder

Von Ing. Max Maag, Zürich

Auszug aus einem Vortrag im Österreichischen Verbande des Vereines deutscher Ingenieure in Wien[1]

Das Wesen der Maagverzahnung — Die Zahnrad-Hobelmaschine und ihr Werkzeug: der Kammstahl — Genauigkeit — Schnittleistung — Die Zahnräder-Schleifmaschine mit Tellerscheibe — Unabhängigkeit von der Schleifscheibenabnutzung — Bedeutung des Schleifdruckes für Genauigkeit und Leistung — Die hauptsächlichsten Prüfgeräte: der Kreisteilungsprüfer, der Grundteilungsprüfer und der schreibende Flankenprüfer.

Die Verzahnung

Die Maag-Verzahnung ist eine reine Evolventenverzahnung. Sie unterscheidet sich von der „normalen" Evolventenverzahnung dadurch, daß der Eingriffwinkel für jedes Zähnezahl-Verhältnis verschieden ist und die Wahl von Kopf- und Fußkreisdurchmesser sowie Zahnhöhe die günstigsten Zahnformen und Eingriffverhältnisse gewährleistet. Die für jeden einzelnen Fall zugeschnittene Verzahnung kann mit streng genormten Werkzeugen geschnitten werden, da sie — ohne Rücksichtnahme auf die sog. Teilkreise — unter Zugrundelegung eines zu dem gewollten Grundkreis der Verzahnung und der Teilung des zu verwendenden Werkzeuges passenden Wälzteilkreises erzeugt wird. Dieser fällt nicht mit dem Laufteilkreis des Rades und auch nicht mit der Teilrißlinie des Werkzeuges zusammen, so daß die Zahndicke im Wälzteilkreis im allgemeinen kleiner wird, als für den spielfreien Gang des Getriebes auf dem vorgeschriebenen Achsabstand erforderlich ist. Will man diesen spielfreien Gang herbeiführen, so muß man die Schneidtiefe oder die Zahnhöhe des Zahnräderpaares um einen bestimmten Betrag kleiner machen als normal.

Der vom Verfasser im Jahre 1908 abgeleiteten Formel für die Bestimmung der Schneidtiefe für spielfreien Gang eines Getriebes bei beliebiger „Korrektur" liegt die bekannte Polargleichung der Evolvente

$$\varphi = \operatorname{tg} \varepsilon - \operatorname{arc} \varepsilon$$

zugrunde, deren Richtigkeit aus Abb. 1 ohne weiteres abgelesen werden kann. Sie enthält Größen, die nicht unmittelbar in einander übergeführt werden können, und ist darum für die praktische Anwendung sehr unbequem. Sie wurde daher von mir in eine logarithmische Zahlentafel aufgelöst, in der als Argument der sog. Laufeingriffwinkel auftritt, der bei gegebenem Achsabstand, gegebenen Zähnezahlen und gegebener Grundteilung des verwendeten Werkzeuges eindeutig bestimmt ist.

Zur Bestimmung der für jedes Übersetzungsverhältnis günstigsten Evolventenform war weiter die Aufstellung von nur empirisch erfaßbaren Formeln für die in jedem Fall zu wählenden Eingriffwinkel und Außendurchmesser der Räder notwendig. Die Entwicklung dieser Formeln hat jahrelange Untersuchungen über die für jeden Fall und unter allen Verhältnissen günstigste Zahnform und ein sorgfältig abgewogenes Abgleichen zwischen zahllosen einander zum Teil widersprechenden Faktoren erforderlich gemacht. Schließlich aber gelang es, ein festgefügtes und lückenloses System aufzustellen, in dem sich Eingriffwinkel, Außendurchmesser und Zahnhöhen für alle Übersetzungen von 3 : 3 bis 3 : ∞ usw. bis 50 : 50 und 50 : ∞ völlig stetig ändern.

[1] Ungekürzte Abdrücke erscheinen gleichzeitig in der „Sparwirtschaft" (Wien) und, von Prof. Dr. Vidéky ins Ungarische übersetzt, in der „Zeitschrift des Ungarischen Ingenieurvereines".

RZ2647Z1

Abb. 1
Größen der Polargleichung der Evolvente

RZ2647Z2

Abb. 2
Getriebe mit Normalverzahnung

RZ2647Z3

Abb. 3
Getriebe mit Maag-Verzahnung

Ich will hier ganz kurz ins Gedächtnis zurückrufen, worin die hauptsächlichsten Unterschiede der Maag-Verzahnung gegenüber der Normal-Verzahnung bestehen. Diesem Zwecke dienen die Bilder eines Getriebes $z/Z = 12/24$, einmal mit Normalverzahnung und das andere Mal mit Maag-Verzahnung, Abb. 2 und 3. In erster Linie fällt der Unterschied in der Stärke der Zahnwurzeln beider Getriebe auf. In zweiter Linie ist zu beachten, daß der Kopfkreis des Rades beim Normalgetriebe weit hinter den Grundkreispunkt N_1 der Eingrifflinie e reicht, während der Radkopfkreis des Maag-Getriebes die Eingrifflinie wesentlich vor dem Punkt N_1 schneidet. Dies bedeutet, daß bei der Normalverzahnung das Ritzelprofil nicht nur bis zum Grundkreis hinunter voll benutzt wird, in dessen Nähe die Reibungsverhältnisse bekanntlich sehr schlecht sind, sondern daß ein großer Teil des Radzahnprofiles, nämlich die Strecke 0, am Ritzel überhaupt kein Gegenprofil mehr findet und deswegen völlig nutzlos ist. Beim Maag-Getriebe dagegen wird auch das Radprofil bis zum Kopf benutzt, und trotzdem werden die ungünstigsten Teile des Ritzels in der Nähe des Grundkreises nicht zur Arbeit herangezogen. Ferner fällt auf, daß die zum Eingriff kommenden Profilteile des Maag-Getriebes länger sind als beim Normalgetriebe; vor allem ist auch der Umstand zu erwähnen, daß das Verhältnis von Rollen und Gleiten bei der Maag-Verzahnung größer ist als 1, wäh-

Abb. 4
Erzeugendes Normalprofil: Profil des normalen Zahnstangenwerkzeuges

rend es bei der Normal-Verzahnung kleiner ist als 1. Alle diese Vorteile sind lediglich durch Verkleinerung des Kopfkreis-Durchmessers des Rades und gleichzeitige Vergrößerung des Kopfkreis-Durchmessers des Ritzels, durch passende Wahl des Eingriffwinkels und Beschränkung der Zahnhöhe auf das für die Erzielung spielfreien Ganges erforderliche Maß erreicht worden.

Zur Erzeugung dieser jedem Fall angepaßten Verzahnung ist, wie bereits betont, ein normales Zahnstangen-Werkzeug benutzt worden, wobei unter „normal" verstanden sein soll, daß das erzeugende Profil des Werkzeuges einen Flankenwinkel von 15°, eine Kopf- und Fußhöhe von $^7/_6$ Modul und eine Zahndicke gleich der halben Teilung im Mittelriß zwischen Kopf- und Fußriß aufweist, Abb. 4. Abnormal ist nur die Teilung des Werkzeuges, die mit der auf den Laufteilkreisen des Zahnräderpaares gemessenen Teilung nicht übereinstimmt. Vom Verhältnis der Laufteilung und der Werkzeugteilung hängen aber die kennzeichnenden Eigenschaften der erzeugten Verzahnung wesentlich ab. Die Abstufung der Teilungen im Maagschen Werkzeugsatze ist daher ohne Rücksicht auf die sonst übliche Moduleinteilung so gemacht worden, daß jede beliebige normale oder nichtnormale Laufteilung ohne Annäherung geschnitten werden kann.

Die Zahnrad-Hobelmaschine

Das Werkzeug der Hobelmaschine ist der Kammstahl. Er besteht aus einer einfachen Platte, in die ähnlich wie bei einer Zahnstange Zähne eingeschnitten sind, Abb. 5 Nach dem Härten werden die Zähne genau auf Teilung und der Stahl allseitig plan geschliffen. Dies ist um so leichter, als das Flankenprofil eine einfache, genau gerade Linie ist. Auch der Hinterschliff entsteht einfach durch Schiefstellen des Stahles unter einem bestimmten Winkel beim Schleifen der Zahnflanken. Der nachträgliche Abschliff des Zahnkopfes geht unter genau demselben Winkel vor sich, um den die Werkzeuge beim Schleifen der Flanken geneigt sind. Dadurch wird erreicht, daß das Zahnprofil beim Nachschärfen des Stahles vom neuen bis zum völlig aufgebrauchten Zustand sich stets genau gleich bleibt, Abb. 6 und 7.

Es dürfte einleuchten, daß dieses einfache, mit größter Genauigkeit arbeitende Werkzeug leichter herstellbar ist als Abwälzfräser und Stoßräder, die rein theoretisch mehr oder weniger von der richtigen Form abweichen. Es bietet die Möglichkeit, die Zahnbrust hohlzuschleifen und eine gezahnte Unterlage zu verwenden. Der Hohlschliff des Kammstahles ermöglicht ein genaues Anpassen des Schnittwinkels an den jeweils zu verarbeitenden Werkstoff, während die Zahnunterlage A die gesamte Biegungsbeanspruchung beim Stoßen aufnimmt. Deshalb ist es möglich, mit dem Kammstahl beim Schruppen wesentlich kräftigere Späne zu nehmen, Abb. 8, als mit dem Abwälzfräser und mit dem Stoßrad. Beim Schlichten ist der Abwälzfräser wegen des für genügende Profilglätte erforderlichen kleinen Vorschubes gegenüber den Stoßwerkzeugen von vornherein in Nachteil. Da mit dem geradflankigen Kammstahlprofil nur etwa halb so viele Schnitte je Teilung erforderlich sind wie bei dem erhaben gekrümmten Stoßradprofil, um gleiche Profilglätte zu erzielen, so ergibt sich schon rein theoretisch ein Zeitgewinn beim Schlichten mit dem Kammstahl.

Kurz zusammengefaßt, bestehen die bei der Konstruktion der Maagschen Hobelmaschine verwerteten Eigenschaften des Kammstahles in seiner fast mathematischen Genauigkeit und in seiner großen Schneidfähigkeit.

Bei der Maag-Zahnradhobelmaschine, Abb. 9, wird die ganze Wälzbewegung vom Werkstück ausgeführt, während das Werkzeug nur die Schneidbewegung in Richtung der Werkstückachse vollzieht. Die Genauigkeit der Rundbewegung hängt in erster Linie von derjenigen des Teilschneckengetriebes ab, die der geradlinigen Verschiebung von der Genauigkeit der Modulspindel. Von dem Punkt der Abzweigung beider Bewegungen der Schaltwelle an müssen alle Teile starr und genau ausgeführt sein, während besondere Ansprüche an die Starrheit und Genauigkeit der weiter hinten liegenden Schaltteile nicht gestellt zu werden brauchen.

Da die Wälzorgane sich während des Arbeitsstoßes nicht bewegen und der Spanvorschub nur absatzweise, d. h. während des Leerhubes des Stößels, erfolgt, so werden das Teilschneckengetriebe und das Gewinde der Modulspindel wirksam geschont; sie haben die Komponente des Arbeitsdruckes nur ruhend auszuhalten, unter diesem Druck aber nicht zu gleiten.

Gegenüber der stetig arbeitenden Fräsmaschine hat die Stoßmaschine den Nachteil des großen Zeitverlustes für den leeren Stößelrücklauf. Bei der Kammstahlmaschine kommt außerdem der Verlust für den Tischrücklauf dazu, der durch die absatzweise, Teilung um Teilung erfolgende Wälzbewegung bedingt ist. Diese Verlustzeiten zusammen können unter Umständen doppelt so groß sein wie die reine Schneidzeit. Trotzdem ergaben eingehende, 1925 in Amerika angestellte vergleichende Leistungsversuche, daß die Kammstahlmaschine fast doppelt so schnell beim Schruppen und viermal so schnell beim Schlichten war, wie die Abwälzfräsmaschine. Dies ist nur aus der grundverschiedenen Arbeitsweise von Stoß- und Fräswerkzeugen zu erklären. Während das Stoßwerkzeug den Werkstoff in wenigen kräftigen Spänen herausarbeitet, besteht die Hauptarbeit des Fräsers darin, die einem Stoßspan entsprechenden Werkstoffmengen in viele kleine Stücke zu zerschneiden. Bei den erwähnten Versuchen handelte es sich um das betriebsmäßige Schneiden von Stirnrädern aus Chromnickelstahl von 80 bis 85 kg/mm² Festigkeit, mit 51 Zähnen, 6¼ Modul Teilung und 70 mm Zahnbreite, Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Erforderliche Zeiten zum Bearbeiten eines gleichen Werkstückes

	Schruppen min	Schlichten min	Verhältnis der Spänezahlen	Verhältnis der Schnittflächen
Kammstahl . . .	16 [1])	11	1 : 70	1 : 10[illegible]
Fräser	27	45		

[1]) Neuerdings 12 min dauernd durchhaltbar erreicht.

Abb. 5
Kammstahl für zwölf Modul mit Hohlschliff

Abb. 6 bis 7
Stark nachgeschliffener Kammstahl: das Profil ist gegenüber dem neuen Zustand völlig unverändert.

Abb. 8. Die mit dem Kammstahl abgenommenen kräftigen Späne. Man beachte die kurze Fassung des Stahles und seine Abstützung durch die gezahnte Unterlage.
A Zahnunterlage

Abb. 9
Die kleinste Maag-Hobelmaschine, Größe AS 1, für Kraftwagen-Wechselräder und dergleichen

Die Zahnrad Schleifmaschine

Wie bei der Maag-Hobelmaschine die Grundeigenschaften des Kammstahles in erster Linie maßgebend sind für das in bezug auf Genauigkeit und Leistung Erreichbare, so drückt die besondere Art der verwendeten Schleifscheibe der Maag-Schleifmaschine den Stempel auf. Diese Schleifscheibe ist auf der Außenseite flach kegelig und auf der Innenseite flach hohlkegelig geformt, und nur der äußerste Rand der Innenseite arbeitet, Abb. 10. Die maßgebende, senkrecht zur Scheibenachse liegende Schleifebene wird gebildet durch die axial am meisten vorstehenden Teile dieses Rades, und es leuchtet ein, daß dieser ganze Rand auch bei Abnutzung in einer Ebene bleibt. Dadurch ergibt sich der für die Profilgenauigkeit ausschlaggebende Vorteil, daß zur Erhaltung der Richtigkeit des erzeugenden Profiles keinerlei Abdrehvorrichtungen erforderlich sind; diese können natürlich nur in bestimmten Zeitabschnitten, z. B. nach dem Schleifen je eines Rades, in Tätigkeit treten, so daß sich das Profil der auf anderen Maschinen benutzten Flach- oder Formscheiben zwischen zwei Abdreharbeitsgängen verändert. Wenn diese Profiländerung besonders beim Schlichten auch gering ist, so ist sie doch bei der außerordentlichen Genauigkeit, die von gut laufenden, geschliffenen Rädern gefordert werden muß, groß genug, um die Güte des Ganges merkbar zu beeinträchtigen oder durch die Notwendigkeit eines weitgetriebenen Ausschleifens die Arbeitzeit ungebührlich zu verlängern. Zwar hat die Abnutzung des wirksamen Schleifrandes der Tellerscheibe keinen Einfluß auf die Richtigkeit des erzeugten Profiles, doch bewirkt

Abb. 10
Die beiden Tellerscheiben der Maag-Schleifmaschine mit der Fühleinrichtung für das Nachstellgerät

Abb. 11
Nachstellgerät, geöffnet

sie eine Verschiebung der Schleifebene in Richtung der Schleifspindelachse. Dies hätte zur Folge, daß später geschliffene Zähne nach und nach immer dicker ausfallen würden, wenn nicht für einen Ausgleich durch ein selbsttätig wirkendes Nachstellgerät gesorgt wäre.

Das Nachstellgerät hat einen den Schleifrand in kurzen Zwischenräumen betastenden, flach geschliffenen Fühldiamanten; dieser ist an einem schwingbaren Hebel angebracht, dessen andres Ende einen Stift trägt, Abb. 10 und 11. Bei Annäherung des Tasters an den Schleifrand nähert sich auch dieser Stift einem Plättchen, und es kommt nun immer darauf an, ob zuerst der Tastdiamant mit dem Schleifrand oder der Stift mit dem Plättchen zur Berührung kommt. Bei richtig stehendem Schleifrand tritt der erste, bei abgenutztem, d. h. verschobenem Schleifrand, der zweite Fall ein. Durch die Berührung wird alsdann ein Relaisstromkreis geschlossen und der ganze Schleifsupport durch eine Schaltanordnung um $^1/_{1000}$ mm gegen den Taster hin verschoben. Betrug die Abnutzung des Schleifrandes nicht mehr als $^1/_{1000}$ mm, so wird bei der nächsten Tastbewegung der Taster wieder auf den Schleifrand auftreffen, bevor der erwähnte Stromschluß zustandekommen kann, und der Support wird nicht weiter nachgestellt. Betrug die Abnutzung mehr als $^1/_{1000}$ mm, so erfolgen bei den nächsten Tastbewegungen so viele Nachstellungen um je $^1/_{1000}$ mm, bis der Schleifrand wieder in seiner normalen Lage steht. Das Zeitmaß zwischen zwei Tastbewegungen beträgt dabei etwa 5 s. Bei dieser Tellerform der Schleifscheibe und dem beschriebenen Nachstellgerät ist also bei der Maag-Schleifmaschine die Arbeitsgenauigkeit vollständig unabhängig von der Abnutzung der Schleifscheibe.

Mehr als bei anderen Maschinen muß bei Schleifmaschinen, und ganz besonders bei Zahnrad-Schleifmaschinen, beachtet werden, daß von einer bestimmten Leistung nur im Zusammenhang mit der Anfangs- und Endgenauigkeit geregelt werden kann, die vom Zeitaufwand auf die Flächeneinheit stark abhängig ist. Bei Zahnrad-Schleifmaschinen handelt es sich immer nur um ganz geringfügige abzuhebende Mengen gehärteten Werkstoffes, der ein scharfes Ansetzen nicht zuläßt, wenn er nicht entweder ausglühen oder springen soll. Die Leistung einer Zahnrad-Schleifmaschine kann daher nicht in Spangewicht je Zeiteinheit ausgedrückt werden, sondern bei gegebener Anfangsgenauigkeit, abzuhebender Werkstoffmenge und erzielter Endgenauigkeit nur in Zeitbedarf je Flächeneinheit. Wenn wir in dieser Weise die Leistungen der Tellerscheibe mit der andrer Schleifscheiben vergleichen, so zeigt sich, daß die Tellerscheibe immer und unter allen Umständen an erster Stelle steht.

Abb. 12
Maag-Schleifmaschine, Größe SS 1, für Räder bis 400 mm Dmr. und 400 mm Zahnbreite

Dies hat seinen Grund darin, daß die Tellerscheibe nur mit Punktberührung und infolgedessen mit geringstem Schleifdruck arbeitet und von diesem am wenigsten aus ihrer Lage abgedrängt wird, so daß sie also mit der geringsten Anzahl von Schleifdurchgängen auf die vorgeschriebene Genauigkeit kommt. Hierin liegt der Kernpunkt der ganzen Aufgabe. Alles Schleifen ist ja nur ein Annähern an das gewollte Endergebnis in Stufen, und der letzte Schliff erfolgt immer ohne weitere Zustellung der Schleifscheibe. Handelt es sich, wie besonders beim Zahnräderschleifen, um eine letzte Spandicke von ein paar tausendstel Millimetern, so darf der Schleifdruck nur noch wenige Gramm betragen. Im Interesse einer raschen, d. h. durch wenige Schnitte erreichbaren Annäherung liegt es daher, wenn man gleich von Anfang an auf geringsten Schleifdruck hinarbeitet. Die Mittel dazu sind: möglichst frei schneidende Scheiben und möglichst punktförmige Berührung zwischen Schleifscheibe und Werkstück. Man wird gemäß der ersten Forderung bei Verwendung von Tellerscheiben im allgemeinen mit wesentlich weicheren Scheiben arbeiten als bei solchen Scheiben, bei denen man die Abnutzung zwischen zwei Abrichtgängen möglichst klein halten muß. Das freie Schneiden einer Schleifscheibe kommt aber gerade dadurch zustande, daß die arbeitenden Körner schon beim geringsten Stumpfwerden herausgebrochen werden und neuen, scharfen Platz machen, also durch eine weiche Bindung. Die Tellerscheibe berührt im Augenblick des Schnittes das Werkstück nur auf einer kurzen Linie, deren Länge etwa der Breite des sehr schmalen Schleifrandes entspricht, während die Flachscheibe das Werkstück auf einer achsenparallelen Linie von der Länge der Zahnbreite, und die Formscheibe es auf einer Linie von der Länge des Zahnprofiles berührt. Der Schleifdruck muß daher bei der Tellerscheibe von vornherein wesentlich geringer sein als bei den andern Scheibenarten, und schon beim ersten Schruppschnitt muß sie sich wesentlich näher an das endgültige Profil heranarbeiten, als die von dem großen Schleifdruck stark zur Seite gepreßten anderen Scheiben.

Leistungsvergleiche der verschiedenen Maschinen können übrigens nur für kleine Räder, wie z. B. Kraftwagenwechselräder u. dergl., angestellt werden, da für die Bearbeitung größerer Räder nur solche Maschinen in Betracht kommen, die von der Abnutzung der Schleifscheibe nicht abhängig sind. Gerade bei kleinen Rädern scheint aber die Flachscheibe im Vorteil zu sein, weil bei ihr der Längsvorschub in Richtung der Werkstückachse wegfällt und die ganze Zahnbreite mit der Flachscheibe auf einmal bestrichen werden kann. Trotzdem zeigt die Erfahrung, daß auch kleinste Räder mit der Tellerscheibe rascher auf jeden beliebigen Genauigkeitsgrad gebracht werden können als mit anderen Scheiben. Die weiter oben angeführten Gründe für die raschere Annäherung der Tellerscheibe an das gewollte Ergebnis sind auch für diese Tatsache maßgebend und ausreichend. Abb. 12 zeigt eine Zahnrad-Schleifmaschine für Räder bis 400 mm Dmr. und 400 mm Zahnbreite.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Bei der Hobelmaschine ist der einfache, in nahezu mathematischer Genauigkeit herstellbare Kammstahl, bei der Schleifmaschine die Tellerscheibe, die ihr erzeugendes Profil und dessen Lage selbsttätig erhält und darum von der Abnutzung unabhängig ist, für die Genauigkeit der beiden Maschinen maßgebend.

Bei der Hobelmaschine bewirken der am Kammstahl ausführbare Hohlschliff der Zahnbrust und die Abstützbarkeit des Schneidstahles durch eine gezahnte Unterlegplatte sowie das geradflankige Profil die hohe Leistung. Bei der Schleifmaschine ruft die fast punktförmige augenblickliche Berührung zwischen Schleifscheibe und Werkstück einen nur kleinen Schleifdruck und damit die geringste Abbiegung der Schleifscheibe hervor. Dies ermöglicht die rascheste Annäherung an das Endprofil in der geringsten Zahl von Schleifdurchgängen und die große Leistung der Schleifmaschine.

Auf der Maag-Maschine wird trocken geschliffen und mit zwei Schleifscheiben gleichzeitig gearbeitet, Abb. 13.

Die Verwendung zweier Schleifscheiben bedeutet nicht eine Erhöhung der Leistung auf das Doppelte gegenüber der Verwendung bloß einer Scheibe, da die Wälzung im allgemeinen fast doppelt so groß gemacht werden muß. In den meisten Fällen wird nur ein unerheblicher Leistungsgewinn erzielt. Dagegen bieten sich bezüglich der Einstellung auf die erforderliche Zahndicke und besonders zur Herbeiführung der der Zahndurchbiegung entsprechenden Unsymmetrie von treibender und getriebener Zahnflanke große Vorteile. Solange es nicht Zahnräder allein mit einer Zahnseite gibt, erscheint auch nichts natürlicher als die gleichzeitige Bearbeitung beider Zahnseiten, wodurch außerdem das oft recht unbequeme Umspannen vermieden wird.

Der Trockenschliff ist nur bei Verwendung der Tellerscheibe möglich, und zwar wegen ihres kleinen Schleifdruckes. Außerdem verschiebt sich bei ihr der Berührungspunkt zwischen Schleifscheibe und Werkstück während einer Wälzung schnell über das Zahnprofil und die ganze Zahnlänge, so daß die ohnehin geringe Wärmemenge immer leicht in die Umgebung abfließen kann und nur ganz geringe örtliche Temperaturerhöhungen eintreten.

Die Prüfgeräte

Ein einwandfrei laufendes Zahnradpaar muß folgende Bedingungen erfüllen:

1. Die Abstände der arbeitenden Flanken, in irgendeinem zur Radachse konzentrischen Kreis gemessen, müssen unter sich genau gleich groß sein;
2. das Flankenprofil muß kinematisch richtig sein, d. h. jeder kleinsten gleichförmigen Bewegung des treibenden Rades muß eine gleich große und gleichförmige Bewegung des getriebenen Rades entsprechen.

Damit dies bei der Evolventenverzahnung der Fall ist, muß

3. die Grundteilung der treibenden Flanke des einen Rades genau übereinstimmen mit der Grundteilung der getriebenen Flanke des anderen Rades.

In diesen Forderungen ist nichts enthalten über Zahndicke, Flankenspiel, Symmetrie der Flanken, Exzentrizität der Verzahnung u. a. m., mit deren Messung man früher das Mögliche getan zu haben glaubte. Die Einhaltung der für diese Größen zulässigen Fehlergrenzen bietet keine besonderen Schwierigkeiten, während um so mehr Aufmerksamkeit auf genauestes Einhalten der drei genannten Hauptbedingungen gelegt werden muß.

Unsre langjährigen Erfahrungen zeigen, daß die zulässigen Teilungs- und Profilfehler an gut laufenden, geschliffenen Kraftwagenrädern nicht größer als $^4/_{1000}$ bis $^5/_{1000}$ sein dürfen, und daß bei schnell laufenden Turbogetrieben höchstens solche von $^2/_{1000}$ bis $^3/_{1000}$ zulässig sind. Um aber so kleine Beträge sicher zu erfassen, muß man Tausendstel-Millimeter messen können.

Abb. 13
Die beiden gleichzeitig beide Zahnflanken des Werkstückes bearbeitenden Schleifscheiben der Maag-Schleifmaschine

D a s T e i l u n g s m e ß g e r ä t. Mit einer ersten Bauart des Gerätes werden vergleichende Messungen der Abstände zweier aufeinander folgender Flanken in irgendeinem zum Kopfkreis konzentrischen Kreis ausgeführt. Eine zweite Bauart dient zur vergleichenden Messung der Abstände zweier aufeinander folgender Flanken in der Eingrifflinie, d. h. der Grundteilung.

Das Gerät der ersten Bauart wird auf dem Kopf eines Zahnes abgestützt, während ein fester Taster an die eine Flanke angelegt wird, Abb. 14. Beim Schwenken des Gerätes bis zum weiteren Abstützen auf dem Kopf eines zweiten Zahnes legt sich ein zweiter, beweglicher Taster gegen die nächste Flanke der gleichen Seite und wird von dieser um einen kleinen Betrag zurückgedrückt, der sich mit zehnfacher Übersetzung auf ein Zeigergerät überträgt. Das Zifferblatt des Zeigergerätes zeigt die Ausschläge in Tausendstel-Millimetern.

Bei der zweiten Ausführung fällt das Abstützen auf dem Kopfkreis weg, Abb. 15. Der feste Taster ist als ebene Fläche ausgeführt, die tangential an die eine Flanke angelegt wird. Damit man einen Ruhepunkt für die Schwenkung des Gerätes bekommt, greift ein federnd angeordneter Anschlag über die andere Flanke des gleichen Zahnes. Schwenkt man nun das Gerät soweit, bis der bewegliche, als Schneide ausgebildete Taster auf die Flanke des nächsten Zahnes auftrifft, so schlägt der Zeiger des Zeigergerätes aus, bis er einen Größtwert erreicht, und bei weiterer gleichsinniger Schwenkung wieder umgekehrt. Der größte Ausschlag zeigt sich dort, wo der Abstand der beiden Flanken am kleinsten ist,

Abb. 14
Das Kreisteilungs-Meßgerät, Bauart TMA

Abb. 16
Gleicher Abstand der Evolventen desselben Grundkreises

Abb. 15
Das Grundteilungs-Meßgerät, Bauart TME

Abb. 17
Das Meßgerät für die Grundteilung mit Tisch

d. h. also in der gemeinsamen Profilnormalen. Wegen des gleichen Abstandes der Evolventen eines Kreises, Abb. 16, ist dieser kürzeste Abstand überall gleich groß, nämlich gleich der auf dem Grundkreis gemessenen Teilung *a*.

Zum Messen der Grundteilung von kleineren und von nicht umkehrbaren Ritzeln und Rädern dient ein Meßtisch nach Abb. 17, in dem das Meßgerät einstell- und schwenkbar angeordnet ist.

Vor Einführung der Vergleichsmessung der beiden Grundteilungen der treibenden Flanke des einen Rades und der getriebenen des andern, standen wir oft vor unlösbar scheinenden Rätseln, weil mit scheinbar völlig gleicher Genauigkeit bearbeitete Getriebe einmal tadellos, das andere Mal aber stark lärmend liefen. Der Fehler lag immer, wie sich nach der Einführung des genannten Meßverfahrens zeigte, daran, daß die Übereinstimmung der Grundteilungen der zusammenarbeitenden Flanken ungenügend war. Der gute Gang von Getrieben hängt wesentlich davon ab, daß die Grundteilungen der zusammen laufenden Flanken unter Belastung genau übereinstimmen, was aber nur dann möglich ist, wenn die unter der Last auftretende Durchbiegung der Zähne mit in Rechnung gezogen wird. Man erreicht dies dadurch, daß man die Grundteilung der treibenden Flanke je nach der Größe der spezifischen Belastung um $^2/_{1000}$ bis $^5/_{1000}$ mm größer macht als die Grundteilung der getriebenen Flanke. Dieser Grundsatz muß nicht nur bei unseren rasch laufenden Turbogetrieben auf das genaueste befolgt werden, sondern schon bei den zwar viel langsamer laufenden, aber spezifisch hoch belasteten Kraftwagen-Wechselrädern.

Abb. 18
Die Einstellung des Grundteilungs-Meßgerätes auf den Normalblock *a*

Abb. 19
Das Flankenprüfgerät, Bauart FP
Ansicht von oben

G Grundkreisscheibe *L* Rollineal S_1 Zustellschlitten
S_2 Wälzschlitten *H* Tasthebel

Für die oft wünschenswerte Messung der absoluten Größe von Grundteilungen dienen Normalblöcke *a* nach Abb. 18, nach denen das Meßgerät jeweils eingestellt wird.

Das Flankenprüfgerät. Vor Beginn großer Fertigungsreihen gleicher Räder müssen die ersten Versuchräder nach allen Kanten und Ecken ausgemessen werden. Vor allem ist eine genaue Kenntnis des Profilverlaufes erforderlich.

Unser Gerät für die Flankenprüfung, Abb. 19, arbeitet nach folgendem Verfahren:

Mit dem zu prüfenden Rad ist eine genau auf den Grundkreisdurchmesser der Verzahnung geschliffene Scheibe *G* gleichachsig aufgespannt, die mittels eines Schlittens S_1 unter Federdruck an ein Lineal *L* angelegt werden kann. Mit einem zweiten Schlitten S_2 kann dieses Lineal in seiner Längsrichtung verschoben werden; dabei nimmt es jene Scheibe mit, so daß das zu prüfende Rad sich genau so dreht, als ob der Grundkreis seiner Verzahnung auf einer tangential an ihn gezogenen Geraden abrollte. Während dieser Rollbewegung ruht die Schneide seines auf dem Linealschlitten angeordneten Hebels *H* federnd auf der zu prüfenden Flanke. Sie steht genau über der Kante des Lineals und bewegt sich also während der Rollbewegung auf der zu prüfenden Flanke gerade so, wie sich der Kopfeckpunkt eines mit dem Rad in Eingriff stehenden Zahnstangenzahnes mit 0° Flankenwinkel bewegen würde. Die Schneide steht relativ zum Lineal und zum Linealschlitten still, wenn das Flankenprofil genau evolventenförmig ist. Sind dagegen Abweichungen von der Evolventenform vorhanden, so bewegt sich der Schneidenhebel um den Betrag dieser Abweichungen hin und her. Diese Bewegung wird unter 250facher Vergrößerung auf ein Schreibwerk übertragen, das auf einem ruhenden

Abb. 20 bis 23
Mit dem Flankenprüfer aufgenommene Profillinien von Rädern mit 12 Zähnen und 12 Modul Teilung

Papierstreifen eine Schaulinie aufzeichnet. Die leicht zu erkennenden Ausschläge von ¾ mm Höhe entsprechen Profilabweichungen der Zahnflanke von $^1/_{1000}$ mm.

Der Linienzug ist im Idealfall genau gerade mit einer plötzlichen Abknickung am Kopf und einer allmählichen Abrundung am Fuß, Abb. 20. Bei schlechtem Profil ist er mehr oder weniger gekrümmt oder wellig, Abb. 21 bis 23. Ein schiefer Verlauf der Linie rührt vom Nichtübereinstimmen zwischen dem Durchmesser der Grundkreisscheibe und dem am Rad wirklich vorhandenen Grundkreisdurchmesser her. Wohlverstanden kann hierbei die Evolventenform als solche richtig sein. Trotzdem würde das Rad schlecht laufen, weil seine Verzahnung einem anderen Grundkreis angehört als dem gewollten.

Zwar läßt sich die Maag-Verzahnung nicht nur für Stirnräder, sondern auch für Schrauben-, Pfeil- und Kegelräder anwenden, doch schon die Hobelmaschine ist auf Stirn- und Schraubenräder beschränkt. Eine weitere Einschränkung haben wir bei der Schleifmaschine vorgenommen, die wir nur für Stirnräder bauen. Diese gehärteten und geschliffenen Stirnräder bewältigen Aufgaben, denen das ungehärtete und ungeschliffene Pfeilrad nicht mehr gewachsen ist. Wir haben auch die letzte verbleibende Entwicklungsmöglichkeit, nämlich das gehärtete und geschliffene Pfeilrad, in den Kreis unserer Untersuchungen gezogen und sie verworfen, aber nicht darum, weil die Herstellung des Pfeilrades irgendwelche grundsätzlichen Schwierigkeiten bieten würde, sondern lediglich aus dem Grunde, weil das Pfeilrad für Höchstleistungen ebenso genau gearbeitet werden muß wie das Stirnrad. Die Erfordernisse an die Genauigkeit derartiger Getriebe sind aber so groß, daß sie eben noch bei dem einfachen Stirnrad eingehalten werden können, während dies für das viel weniger einfache Pfeilrad nicht mehr der Fall ist.

Nur durch die bewußte Beschränkung auf die am einfachsten herstellbare Zahnform, die reine Evolvente einerseits, und auf das denkbar einfachste Rad, das Stirnrad anderseits, ist es uns gelungen, Fortschritte zu erzielen, die man noch vor wenigen Jahren für unmöglich hielt. [B 2647]

Der Elektrokarren im Dienste der Stadtentwässerung

In rascher Entwicklung hat sich der Elektrokarren dank seiner vielseitigen Verwendungsmöglichkeit in Förder- und Werkbetrieben eingeführt. Die offensichtlichen Vorteile, die er im Nahtransport als zeit- und kräftesparender Lastenförderer gegenüber dem Handkarren aufzuweisen hat, veranlaßten auch kommunale Verwaltungen, seine Eignung als Betriebswagen der Reinigungs- und Spülkolonnen der Stadtentwässerung praktisch zu erproben.

Abb. 1 zeigt ein für einen Probebetrieb gewähltes Fahrzeug, den AEG-Elektrokarren EK 1502 für 1500 kg Nutzlast, dessen einfache Bauart und infolgedessen einfache und betriebsichere Handhabung ihn besonders für die genannten Zwecke geeignet macht, Abb. 2 zwei durch abnehmbare Aufbauten zu Betriebswagen umgewandelte Fahrzeuge.

Im Gegensatz zu dem bisher bei der Kanalisation verwendeten schweren zweirädrigen Handkarren, der als reiner Gerätewagen nur zur Mitführung des Reinigungs- und Spülgerätes diente und hierzu die Zugkraft der gesamten Betriebskolonne erforderte, befördert der Elektro-Betriebswagen neben allen Geräten auch die Mannschaften. Hierzu werden in einfachster Weise die in Seitenaufbauten angebrachten Werkzeugkästen als Längssitze benutzt, Abb. 2 rechts, oder man wählt eine Quersitzanordnung nach Abb. 2 links.

In beiden Fällen sind die Aufbauten nur aufgesetzt und mittels Einstecкösen ohne besondere Verschraubung befestigt, so daß sie leicht abzunehmen sind, falls der Elektrokarren als Plattformwagen zu andern Förderzwecken benutzt werden soll.

Die Hauptbestandteile des Elektrokarrens selbst bilden das zweiachsige, vierrädrige Fahrgestell mit Plattform, darunterliegendem Motor von 0,99 PS Steuerleistung und Akkumulatorenbatterie, sowie der vorgebaute Schaltschrank mit Führerstand, Lenk- und Bremsvorrichtung.

Die in Abb. 1 sichtbare, aus 39 Zellen mit 70 Ah Kapazität — bei fünfstündiger Entladung — bestehende Großoberflächenbatterie ist zwischen den Längsträgern eines aus gepreßten Stahlblechteilen zusammengesetzten Rahmens eingehängt, der mit einem umlaufenden Schutzblech versehen ist.

Abb. 3
Lenkachse des Elektrokarrens EK 1502 mit Laufrad und Rahmenabfederung

Diese Anordnung der Batterie-Längslagerung ermöglicht in einfacher Weise das Freilegen der Batterien beim Laden durch Abheben der mittleren Plattform-Bodenplatte, ohne daß man jedesmal die Seitenaufbauten abzunehmen braucht, wie es bei Queranordnung der Batterie der Fall sein würde. Bei dieser Verwendung des Wagens verdient daher die Längsanordnung der Batterie gegenüber der bei andern Bauarten gewählten Querlagerung den Vorzug.

Die Großoberflächenbatterie hat sich bisher als sehr wenig empfindlich gegen jede Fahrerschütterung auf schlechten Pflasterstrecken erwiesen, ihre Ladung hat auch unter ungünstigsten Witterungsverhältnissen bei Fahrstrecken zwischen 25 und 40 km ausgereicht.

Der Rahmen ruht mittels Blattfedern auf den aus S.-M.-Stahl gepreßten Achsen, so daß das Fahrzeug bei jeder Belastung weich abgefedert wird. Bei der dem Führerstand zugekehrten Lenkachse läuft die Blattfeder in gleicher Richtung mit der Achse über ihre Mitte, Abb. 3, die Treibachse ist dagegen durch zwei Blattfedern, die an den Längsträgern angreifen, mit dem Rahmen verbunden, Abb. 4 u. 5.

Ein Hauptstrommotor mit 2 kW Stundenleistung und 1600 Uml./min treibt über ein doppeltes Zahnradvorgelege ein Laufrad an, das ebenso wie das andre Laufrad mit der durchgehenden Achse durch Kegel und Keil fest verbunden ist.

Abb. 1
Elektrokarren EK 1502 für 1500 kg Nutzlast

Abb. 2
Elektrokarren bei der Stadtentwässerung des Bezirksamtes Berlin-Wilmersdorf

Abb. 4 und 5
Treibachse und Rahmenabfederung des Elektrokarrens EK 1502

Alle Laufräder haben Vollgummibereifung. Das Fahrzeug ist mit zwei Bremsen ausgestattet. Die eine, als Innenbackenbremse ausgebildete mechanische Bremse gewährt die erforderliche Sicherheit für das gegebenenfalls führerlos gewordene Fahrzeug; sie fällt bei Hochschnellen der Fußplatte am Führerstand, deren Heruntertreten erst die Lüftung der Bremse bewirkt, selbsttätig ein. Die zweite Bremse tritt als Kurzschlußbremse beim Bewegen des Fahrschalterhebels in die zu der betreffenden Fahrtrichtung gehörende Bremsstellung in Tätigkeit.

Der im Stirnwandrahmen untergebrachte Fahrschalter, Abb. 6, hat Fahrstellungen nach beiden Richtungen mit zugehöriger Bremsstellung. Entsprechend den drei Schaltstufen entwickelt das Fahrzeug mit Vollast auf guter Fahrstraße Geschwindigkeiten von etwa 3, 6 oder 9 km/h, ohne Last bis zu 11 km/h.

Diese Geschwindigkeiten haben sich im Betrieb als völlig ausreichend erwiesen; die durch entsprechende Feldschwächung erreichbare Geschwindigkeitssteigerung bis auf 14 km/h bleibt aus betrieblichen Gründen besser unausgenutzt.

Ein wesentlicher Vorteil des Elektrokarrens besteht darin, daß er bei dieser Motorstärke ohne Führerschein von jeder ungelernten Kraft nach wenigen Übungstagen gefahren werden kann. Man hat deshalb auch die Zweiradlenkung und den offenen Führerstand mit der beschriebenen Hebelsteuerung und Bremsung gewählt.

Beim Handkarrenbetrieb sind für derartige Förderleistungen mindestens drei Mann bei obendrein dreifachem Zeitverlust erforderlich, so daß in solchen Fällen der ganze Betrieb der Kolonne stockt.

Die Zeitersparnis wirkt sich bereits im normalen Betriebe wirtschaftlich aus. Nach den vorliegenden Erfahrungen beträgt bei mittleren Wegstrecken die Zeitersparnis durchschnittlich 1½ h an einem Tag. Hieraus ergibt sich unter Berücksichtigung der Unkosten des Elektrokarrenbetriebes eine Ersparnis von rd. 1000 ℳ in einem Jahr.

Weitere wirtschaftliche Vorteile bringt der Elektrowagen im Vorspanndienst. Er erspart Lohngespanne für Hilfsfahrzeuge, wie z. B. fahrbare Motorschlammpumpen, Schlammwagen u. dergl.

Durch Ausnutzung der Fahrzeugbatterie als Energiequelle für Licht und Kraft lassen sich ferner wesentliche Betriebsverbesserungen herbeiführen; z. B. kann man die Batterie als Lichtquelle für ortbewegliche, stets betriebfertige und sehr lichtstarke Scheinwerfer zum Ableuchten der Kanäle verwenden, an Stelle der sonst üblichen Karbidlampen, die unbequem zu handhaben sind und nicht annähernd die gleiche Leuchtkraft erzeugen. Abb. 7 zeigt eine auf dem Elektrokarren selbst aufgebaute Winde zum Durchziehen der Reinigungsbürsten, für deren Antriebmotor von etwa 1 kW die Fahrzeugbatterie die Energie liefert. Der Motor ist an die Windentrommel angeflanscht.

Eine auf bestimmte Zugkräfte einstellbare Rutschkupplung schützt ihn vor Überlastung. Normal reicht die Winde für eine Betriebzugkraft bis zu 250 kg; die Rutschkupplung spricht bei einem Zuge von 300 kg an. [M 2599]

Berlin-Wilmersdorf Magistratsoberbaurat Brée

Abb. 6
Stirnwand mit Fahrschalter und Apparaten

Abb. 7
Elektrokarren mit Seilwinde für das Reinigen von Kanalisationsröhren

Über die Biegefähigkeit von Seildrähten

Mitteilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem

Von Dr.-Ing. H. Sieglerschmidt, Berlin

Die übliche Art, Seildrähte auf ihre Biegefähigkeit zu prüfen, ist der technologische Hin- und Herbiegeversuch, bei dem der Draht, Abb. 1, zwischen den Klemmbacken a eingespannt und mittels einer Schwinge b abwechselnd nach entgegengesetzten Seiten um die nach bestimmten Halbmessern $r = 5$, 7,5, 10 mm abgerundeten Kanten der Klemmbacken hin- und hergebogen wird, bis er bricht. Die Anzahl n der Hin- und Herbiegungen gibt das Maß für die Biegbarkeit.

Von der Erkenntnis ausgehend, daß so scharfe Biegungen der Drähte, wie im Tarnogrocki-Gerät, Abb. 1, im Seilverbande nicht vorkommen und die Drähte im Betriebe in der Regel nach einer großen Zahl von Hin- und Herbiegungen bei großen Krümmungshalbmessern zugrundegehen, haben Rudeloff[1]) und Speer[2]) u. a. bereits Dauerbiegeversuche unter Verwendung verhältnismäßig großer Rollendurchmesser ausgeführt. Die Versuche erstreckten sich auf Drähte verschiedener Festigkeit von $d = 2$ mm Dmr. und Biegerollendurchmesser D bis zu 200 mm. Sie führten u. a. zu dem Ergebnis, daß die Biegefähigkeit der Drähte mit der Zugfestigkeit des Stoffes zunahm (Speer) oder — wie Rudeloff annahm — einen Größtwert bei bestimmter Festigkeit erreichte, um dann bei weiter steigender Festigkeit wieder abzunehmen.

In der vorliegenden Arbeit sind die Ergebnisse einer Reihe ähnlicher Versuche besprochen und mit den bei der üblichen Drahtprüfung (Hin- und Herbiegeversuch, Zug- und Verdrehungsversuche) festgestellten Kennziffern des Werkstoffes verglichen.

[1]) Mitt. d. Materialprüfungsamtes 1897 S. 137/208.
[2]) Vergl. „Glückauf" Bd. 48 (1912) S. 735 u. f.

Abb. 4. Biegerollenversuche
• Biegerollen-Dmr. . . . . . . 10 mm
⊙ " " . . . . . . 15 "
× " " . . . . . . 20 "

Versuchsausführung und Ergebnisse

Die Biegerollenversuche[3]) wurden — unterschiedlich von der von Rudeloff und Speer angewandten Versuchsanordnung — mit Hilfe einer Vorrichtung, Abb. 2, ausgeführt[4]), bei der der Draht von 1 nach 2, 3, 4, 5, 6, 7 um zwei Rollen a und b gewickelt und mit einem Gewicht G belastet war. Die Rollen wurden in Richtung des gespannten Drahtes mit Hilfe eines Wagens, an dem die Achsen der Rollen befestigt waren, hin- und herbewegt. Beim Hin- und Hergang des Wagens wickelte sich der Draht auf die Länge $H - l = 110$ mm zweimal von einer Rolle auf die andere. Er wurde somit zweimal hin- und hergebogen. Die Spannung des Drahtes durch das Gewicht G war bei allen Versuchen gleich $^1/_{10}$ der beim Zugversuch ermittelten Festigkeit σ_B. Ein Hin- und Hergang des Wagens dauerte eine Sekunde.

Abb. 3 zeigt die Anordnung für Rollendurchmesser $D = 2\,r \geq 200$ mm. An Stelle der Rollen traten Schwingen a und b, an denen die Enden des Probedrahtes 1—1 befestigt wurden; 2—2 und 3—3 sind biegsame Bänder. Im übrigen ist die Anordnung die gleiche wie in Abb. 2.

Ausgeführt sind mit 16 verschiedenen Drahtsorten[5])

a) je 5 Zugversuche zur Ermittelung der Zugfestigkeit σ_B, Einschnürung ψ und Dehnung δ auf 20 cm Meßlänge,

b) je 5 Verwindungsversuche[6]) zur Ermittelung der Verdrehungsgrenze τ_S und der zum Bruch der Probe führenden Verwindungszahl n_1 für die Versuchslänge von 15 cm,

c) je 5 technologische Hin- und Herbiegeversuche unter Verwendung von Rollendurchmessern $D = 10$, 15, 20 mm,

d) je etwa drei „Biegerollenversuche"[7]) bei vier verschiedenen Rollendurchmessern. Verwendet wurden Rollendurchmesser $D = 30$, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600 mm.

Bei den Versuchen c) und d) wurde die beim Bruch erreichte Anzahl n der Hin- und Herbiegungen des Probedrahtes ermittelt. Die Ergebnisse der Versuche sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Die Kohlenstoffgehalte schwankten in den Grenzen 0,06 bis 0,75 vH, die Zugfestigkeiten σ_B zwischen 45 und 210 kg/mm², die Dehnungen δ zwischen 0,12 und 6,88 vH (13,3 vH bei Drahtsorte 16), während die Einschnürung sich innerhalb der Grenzen von 41 bis 57 vH hielt (72 vH bei Drahtsorte 16).

Die im allgemeinen gute Übereinstimmung der mit Probedrähten einer Sorte erhaltenen Einzelwerte ließ auf Gleichmäßigkeit der untersuchten Drähte schließen. Normales Streuen der Werte[8]) zeigte sich sowohl bei den Zug-

[3]) Unter „Biegerollenversuch" ist im folgenden ganz allgemein ein Hin- und Herbiegeversuch mit bewegten Rollen, unter „Hin- und Herbiegeversuch" ein Versuch in der Biegevorrichtung, Abb. 1, verstanden.

[4]) Eine ähnliche Vorrichtung ist von Vaughan und Epton in der Zeitschrift „The Engineer" Bd. 105 (1908) S. 201 beschrieben. Vergl. auch „Bestimmung der Längenänderungen zugbelasteter Drähte beim Biegerollenversuch" von Dr.-Ing. H. Sieglerschmidt, Z. f. technische Physik Bd. 5 (1924) S. 79 (Auswertung der Versuche von W. v. Moellendorff).

[5]) Der Werkstoff wurde von der Firma Troitzsch, Berlin-Tempelhof, dem Amte freundlichst zur Verfügung gestellt.

[6]) Die Verwindungsversuche geben Aufschluß über die Gleichmäßigkeit des Drahtmaterials. Ueber ihre Ausführung vergl. K. Memmler, „Materialprüfungswesen", 2. Aufl., S. 284. Stuttgart 1924.

[7]) Zu fünf Parallelversuchen reichte der Werkstoff leider nicht aus.

[8]) Die Abweichungen der Einzelwerte von den in Zahlentafel 1 eingetragenen Mittelwerten betrugen bei den Zugfestigkeiten σ_B bis zu $\pm$ 5 vH, bei den Verwindungszahlen n_1 bis zu $\pm$ 10 vH, bei den Hin- und Herbiegeversuchen (Biegezahl n) bis zu $\pm$ 15 vH und bei den Biegerollenversuchen (n) bis zu $\pm$ 20 vH. Bei Beurteilung der Gleichmäßigkeit des Drahtwerkstoffes sind auch die Bemerkungen 2) bis 5) zu Zahlentafel 1 zu beachten.

Abb. 1
Tarnogrocki-Gerät
a Klemmbacken
b Schwinge

Abb. 2
Einrichtung für Biegerollenversuche
a und b Rollen
G Gewicht

Abb. 3. Biegeanordnung mit Rollendurchmessern von $D = 2\,r \geq 200$ mm
a und b Schwingen

Zahlentafel 1. Prüfungsergebnisse (Mittelwerte)[1]

Drahtsorte		Durchmesser d mm	C-gehalt vH	Zugfestigkeit σ_B kg/mm²	Dehnung δ vH	Einschnürung ψ vH	Verdrehungsgrenze τ kg/mm²	Verwindungszahl n_1		Biegezahlen n bei den übergeschriebenen Rollendurchmessern D in mm und Verhältnissen $v = \frac{D+d}{d}$ des doppelten Biegehalbmessers zum Drahtdurchmesser: Hin- und Herbiegeversuche D = 10	15	20	Biegerollenversuche (D = 30 bis 600)			
1	blank	0,40	0,42	176	1,54	55	—	—	v	—	—	—	77,8	—	—	—
									n	—	—	—	4 923	—	—	—
2	blank	0,83	0,27	147	2,00	53	—	—	v	13,06	—	—	37,2	61,3	91,4	122
									n	(52,5)[2]	—	—	(785)	(2 700)	(7318)	(15 709)[2]
3	blank	0,83	0,47	184	1,15	45	—	—	v	13,06	—	—	37,2	61,3	91,4	122
									n	(75)[3]	—	—	(811)	(4 001)	(8772)	(12 083)[3]
4	blank	0,98	0,24	120	1,80	56	68,4	56	v	11,2	—	—	52	77,5	103	154
									n	(49,5)[4]	—	—	866	2 144	3358	10 338
5	blank	1,41	0,50	188	1,36	56	118	36	v	8,09	11,65	15,18	54,2	71,9	107	143
									n	29	97	147	1 433	3 261	7950	14 074
6	blank	2,20	0,62	161	1,89	48	105	12	v	5,54	7,82	10,08	46,5	69,2	91,9	138
									n	9,25	24	37	661	1 795	3867	9 328
7	blank	2,23	0,75	204	1,48	49	119	18[5]	v	5,52	7,78	10,05	68,3	90,7	136	180
									n	10,5	28	37	2 213	3 644	9787	17 734
8	verzinkt	0,256	0,37	210	0,5	51	—	—	v	—	—	—	118	—	—	—
									n	—	—	—	16 510	—	—	—
9	verzinkt	0,415	0,52	179	1,2	51	—	—	v	—	—	—	73,3	122	—	—
									n	—	—	—	4 473	14 113	—	—
10	verzinkt	0,412	0,32	161	0,4	41	—	—	v	—	—	—	73,8	123	—	—
									n	—	—	—	4 480	15 284	—	—
11	verzinkt	0,69	0,16	146	0,12	57	—	—	v	15,5	—	—	44,5	73,5	110	146
									n	91	—	—	1 225	4 196	9115	16 812
12	verzinkt	1,01	0,33	157	0,12	57	106	53	v	10,9	—	—	50,5	75,3	99	149
									n	49	—	—	1 416	2 290	4327	17 108
13	verzinkt	1,53	0,34	128	5,27	53	93	21,6	v	7,53	10,80	14,03	50	66,4	99,1	132
									n	24	62	96	906	1 727	4428	10 171
14	verzinkt	1,91	0,52	138	6,26	56	93	19,9	v	6,23	8,85	11,47	53,4	79,6	106	158
									n	19	50,5	74,5	1 071	2 679	4265	12 980
15	verzinkt	2,45	0,69	147	6,88	49	108	13,9	v	5,08	7,12	9,17	62,3	82,7	123	164
									n	8	19,5	32	1 423	2 495	7232	11 114
16	verzinkt	2,70	0,059	45,3	13,3	72	26,7	42	v	4,71	6,56	8,41	75,1	112	149	223
									n	11,5	21,5	32	1 487	3 386	5687	11 420

[1]) Anzahl der Versuche s. a. a. O.

[2]) Oberflächenrisse in der Achsenrichtung der Drähte, und zwar im allgemeinen zwei über die ganze Versuchslänge verlaufende Längsrisse, zwischen denen der Werkstoff vielfach quer gebrochen war. Bei einer Probe trat Aufblättern des Stoffes an dieser Stelle in Form abgelöster Späne ein. Mit zunehmendem v wurden die Risse schwächer. Werte streuen erheblich (für $v = 13{,}06$ zwischen 40 und 60, für $v = 37{,}2$ zwischen 600 und 1100).

[3]) Vereinzelte Oberflächenrisse in der Achsenrichtung nahe dem Bruch; in einigen Fällen Abspalten des Stoffes an der Bruchstelle. Oberflächenrisse nicht schwächer werdend (eher zunehmend) mit wachsendem v. Bei den Hin- und Herbiegeversuchen häufige Querrisse. Streuen der Einzelwerte (für $v = 122$ zwischen 1685 und 10 832).

[4]) Kurze schwache Querrisse an der Drahtoberfläche bei den Hin- und Herbiegeversuchen.

[5]) Verwindung ungleichmäßig; spiralförmige Riefen und Spiralrisse.

und Verdrehungsversuchen als auch bei den Hin- und Herbiegeprüfungen. Bei den Biegerollenversuchen waren die Unterschiede in den Einzelwerten naturgemäß größer als bei den Hin- und Herbiegeversuchen, da sich Unregelmäßigkeiten in Gefüge und Herstellung bei 110 mm Versuchslänge (Biegerollenversuch) in stärkerem Maße geltend machen als bei Prüfung eines nur etwa 5 bis 10 mm langen Abschnittes des Probedrahtes.

Abb. 5
Hin- und Herbiegeversuche
• Biegerollen-Dmr. . . . . . . 10 mm
⊙ „ „ . . . . 15 „
× „ „ . . . . 20 „

In Abb. 4 und 5 sind die in Zahlentafel 1 angeführten mittleren Biegezahlen n als Ordinaten zum Verhältnis $v = \frac{D+d}{d}$ des doppelten Biegehalbmessers zum Drahtdurchmesser d aufgetragen. Diese Darstellung wurde gewählt, weil bei gleichem Verhältnis v das Ähnlichkeitsgesetz der Form (Kick)[9]) der gebogenen Drähte gewahrt ist. Die an die Schaulinien angeschriebenen Zahlen bedeuten die Nummern der untersuchten Drahtsorten. Die Biegezahl n nimmt sowohl bei den Biegerollenversuchen, Abb. 4, als auch bei den Hin- und Herbiegeversuchen, Abb. 5, mit wachsendem Verhältnis v zu. Der Verlauf der Ausgleichlinien entspricht einer im folgenden abgeleiteten Gesetzmäßigkeit.

Vergleich der mit beiden Versuchsverfahren gefundenen Biegezahlen

Biegerollenversuche[10]) mit so kleinen Rollenhalbmessern, wie sie bei den Hin- und Herbiegeversuchen angewendet werden, können bei Zugspannungen, wie sie im Betriebe vorkommen, ($^1/_{10}\,\sigma_B$) nicht einwandfrei ausgeführt werden, da der Draht sich alsdann nicht fest gegen die Rolle anlegt. Die Gleichartigkeit beider Versuchsarten ist daher durch unmittelbaren Vergleich der Biegezahlen nicht nachzuweisen. Indessen kann man diesen Nachweis auch auf mittelbarem Wege erbringen, indem man feststellt, ob das Gesetz der Änderung von n mit v für beide Versuchsarten das gleiche ist.

[9]) Vergl. Anm. 13.

[10]) Vergl. Anm. 3.

Abb. 6
Darstellung der Werte v_0 und c in Gl. (1)
● Hin- und Herbiegeversuche
⊙ Biegerollenversuche

Überschlägliche Rechnungen ließen erkennen, daß n : die meisten Werkstoffe etwas schneller als mit dem adrat von v wächst, und zwar etwa entsprechend der ziehung:

$$n = \left(\frac{v}{v_0}\right)^c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1),$$

) für v_0 und c Konstanten einzusetzen sind, deren Werte h für jeden der untersuchten Werkstoffe aus dem Schau- de Abb. 6 ergeben. Sowohl die bei Hin- und Herbiege- rsuchen als auch die bei Biegerollenversuchen erhaltenen erte schließen sich gemeinsam geraden Ausgleichlinien t an[11]). Gl. (1) genügt also dem Verlaufe der Beobach- ngen; beide Versuchsarten sind als gleichartig anzusehen.

Ist in Abb. 6 $\log v_0$ der Abschnitt der Abszisse vom illpunkt bis zum Schnittpunkt mit der Ausgleichlinie, $= \operatorname{tg} \alpha$ die Tangente des Neigungswinkels der Ausgleich- ie, so ergibt sich für jeden der untersuchten Werkstoffe

$$\log n = c\,(\log v - \log v_0) \quad \ldots\ldots (2).$$

Die für jeden Werkstoff entsprechend den Beobachtun- n sich ergebenden Konstanten c und v_0 sind in Zahlen- fel 2 eingetragen. Die hiermit nach Gl. (1) berechneten d in Abb. 4 und 5 eingetragenen Ausgleichlinien hließen sich den Beobachtungen gut an und bestätigen her auch in der gewöhnlichen Darstellung die bereits aus b. 6 sich ergebende Gleichartigkeit der beiden Ver- chsarten.

Von Bedeutung ist nun, ob die üblichen Hin- und Her- egeversuche zur Beurteilung der Biegefähigkeit genügen d welchem Verfahren bei der Bewertung des Werkstoffes r Vorzug zu geben ist.

Hierzu ist festzustellen, wie sich die Werkstoffe in zug auf ihre Biegefähigkeit nach dem einen oder anderen erfahren einordnen. Durch Aufeinanderlegen der Schau- ien zeigt es sich, daß die Einordnung für $v = 10$ (Hin- d Herbiegeversuch) häufig eine andere ist als für $v = 50$ er 100 (Biegerollenversuch). So ist Probe 14, Abb. 7, für $= 10$ erheblich biegefähiger, für $v = 50$ dagegen weniger egefähig als Probe 11 (s. a. Abb. 4 und 5).

Zur besseren Übersicht sind die Biegezahlen n für $= 10$ und $v = 100$ den Ausgleichlinien in Abb. 4 und 5 tnommen und in Zahlentafel 2 zusammengestellt. Die

[11]) Wie Abb. 6 erkennen läßt, ist der Ausgleich durch gerade Linien erhalb der Grenzen $v = 5$ bis 220 zulässig; ob und inwieweit er für 5 und > 220 zulässig ist, ist der weiteren Untersuchung vorbehalten.

Abb. 7
Vergleich der Biegefähigkeiten bei verschiedenen Rollendurchmessern

Biegefähigkeiten der Proben 10 und 16 verhalten sich hiernach wie 3,6 : 1 für $v = 100$, wie 0,9 : 1 für $v = 10$. Ähnlich große Unterschiede ergeben sich für die Proben 5 und 10, 14 und 12. Die Reihenfolge der Einordnung der Proben 1 bis 16 ergibt sich aus der Zusammenstellung in Zahlentafel 3. Die Beurteilung der Biegefähigkeit der Drähte nach den üblichen Hin- und Herbiegeversuchen führt daher häufig zu unrichtiger Bewertung des Werkstoffes, bei richtiger Bewertung muß man die Änderung der Biegezahl n mit v berücksichtigen. Da im Seilbetriebe nur g r o ß e Rollendurchmesser verwendet werden, wird man den Werkstoff hauptsächlich nach Biegezahlen n für große Werte v (Biegerollenversuch) bewerten. Bei noch größeren Werten v, als sie bei den vorliegenden Versuchen angewendet wurden, wird die Einordnung des Werkstoffes nicht wesentlich von der für $v = 100$ gefundenen abweichen.

Biegung der Drähte um Rundungen von geringerem Halbmesser kommen im Seilbetriebe nur selten vor und sind dann meist auf falschen Einbau oder Betriebstörungen zurückzuführen.

Biegefähigkeit und andere Werkstoffeigenschaften

Ausgesprochene Beziehungen der Biegefähigkeit zu den übrigen, den Werkstoff kennzeichnenden Eigenschaften, (Kennziffern σ_B[12]), δ, ψ, τ_S, C, Zahlentafel 1) ließen sich aus den vorliegenden Zahlenunterlagen nicht ableiten.

Dagegen läßt der Vergleich der Werte in Zahlentafel 2 erkennen, daß die Biegezahlen n der untersuchten Werkstoffe für $v = 100$ im Durchschnitt mit zunehmendem Drahtdurchmesser abnehmen. Deutliche Abnahme mit dem Drahtdurchmesser zeigen nach Zahlentafel 2 und Abb. 8 und 9 auch die den Verlauf der Schaulinien, Abb. 4 und 5, bestimmenden Konstanten c und v_0. Die Drähte waren also verhältnismäßig um so besser, je dünner sie waren.

[12]) Vergl. die Ausführungen am Schlusse dieses Abschnittes.

Zahlentafel 2
Vergleich der Drahtsorten

Drahtprobe		Durchmesser d mm	Festigkeit σ_B kg/mm²	$\log v_0$	v_0	c	Biegezahl n für $v = 10$	Biegezahl n für $v = 100$	Verdrehungszahl n'[2])
2	blank	0,83	147	0,425	2,66	2,52	28	9300[1])	—
3	blank	0,83	184	0,345	2,21	2,40	37	9500[1])	—
4	blank	0,98	120	0,245	1,76	2,06	36	4100[1])	36
5	blank	1,41	188	0,155	1,43	2,08	57	7000	34
6	blank	2,20	161	0,250	1,78	2,08	36	4400	18
7	blank	2,23	204	0,187	1,54	2,04	45	5000	27
9	verzinkt	0,42	179	0,298	1,99	2,34	44	9600	—
10	verzinkt	0,41	161	0,298	1,99	2,35	44	10000	—
11	verzinkt	0,69	146	0,360	2,29	2,36	33	7400	—
12	verzinkt	1,01	157	0,296	1,98	2,21	36	5800	36
13	verzinkt	1,53	128	0,177	1,50	2,03	47	5000	22
14	verzinkt	1,91	138	0,100	1,26	1,92	54	4500	25
15	verzinkt	2,45	147	0,250	1,78	2,07	36	4200	23
16	verzinkt	2,70	45,3	0,107	1,28	1,82	42	2800	75

[1]) Vergl. Anmerkung 2 bis 4 zu Zahlentafel 1. Längsrisse scheinen die Biegefähigkeit der Drähte zu erhöhen, Querrisse zu erniedrigen (Abb. 8 und 9).

[2]) n' ergibt sich aus den Werten n_1, Zahlentafel 1, durch Umrechnung auf die proportionale Versuchslänge 100 d.

Zahlentafel 3

Einordnung der Drahtsorten nach steigenden Biegezahlen n

Hin- und Herbiegeversuche $v = 10$	Probe	2	11	4	6	12	15	3	15	9	10	7	13	14	5
	n	28	33	36	36	36	36	37	42	44	44	45	47	54	57
Biegerollenversuche $v = 100$	Probe	16	4	15	6	14	7	13	12	5	11	2	3	9	10
	n	2800	4100	4200	4400	4500	5000	5000	5800	7000	7400	9300	9500	9600	10(

Abb. 8
Änderung des Exponenten c in Gl. 3 mit dem Drahtdurchmesser

Abb. 9
Änderung von v_0 mit dem Drahtdurchmesser

Da es sich um den Vergleich verschiedenartiger Werkstoffe handelt, ist anzunehmen, daß Zusammensetzung und Vorbehandlung (Ziehvorgang, Gefüge, Korngröße u. a.) dieses Verhalten der Drähte bedingen. Weniger wahrscheinlich ist es, daß tatsächlich eine dem Kickschen Gesetz[13]) widersprechende Abhängigkeit der Biegefähigkeit vom Drahtdurchmesser besteht. Wäre dies der Fall, so würden die Konstanten c und v_0 in Gl. (1) ihre Geltung als reine Werkstoffbeiwerte verlieren, und d wäre in die Gleichung einzuführen. Es ist beabsichtigt, die entsprechende Erscheinung an Drähten verschiedener Vorbehandlung und Eigenschaften (grobkörnig, feinkörnig, weich, hart, stark und wenig einschnürend usw.) weiter zu untersuchen[14]).

Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang, daß nach Zahlentafel 2 auch die durch die Verwindungszahl zum Ausdruck kommende Verformungsfähigkeit des Werkstoffes im Durchschnitt mit dem Drahtdurchmesser abnahm[15]).

Zur Nachprüfung der von Rudeloff und Speer angeregten Frage[16]), ob unter sonst gleichen Verhältnissen die Biegezahlen um so größer sind, je größer σ_B ist, sind die Zugfestigkeiten σ_B neben den Drahtsorten in Abb. 8 und 9 eingetragen. Im allgemeinen liegen die Biegezahlen f kleine Werte σ_B unterhalb, für große Werte oberhalb d Ausgleichlinie. Größere Festigkeit des Werkstoffes schei hiernach einen günstigen Einfluß auf die Biegefähigkeit haben[17]).

Auch der Einfluß der Verzinkung geht aus den Ve suchsergebnissen nicht deutlich hervor. Verzinkte und u verzinkte Drähte scheinen keine wesentlichen Unterschie in den Festigkeitseigenschaften aufzuweisen.

Zusammenfassung

Die Untersuchung von 16 teils blanken, teils verzin ten Drähten führte zu folgenden Erkenntnissen:

1. Biegerollenversuche und technologische Hin- und He biegeversuche lassen die gleiche Gesetzmäßigkeit in d Änderung der Biegezahl n mit zunehmendem Rolle durchmesser erkennen (Gl. 1). Beide Versuchsve fahren sind also in diesem Sinn als gleichartig a zusehen.
2. Trotz der Gleichartigkeit der beiden Verfahren weic die Einordnung der Werkstoffe nach ihrer Biegefähi keit bei Anwendung kleiner Biegehalbmesser (Hin- u Herbiegeversuche) infolge des verschiedenen Verla der Änderung von n mit v, Gl. (1), häufig erhebli ab von der Einordnung nach den mit großen Roll erhaltenen Biegezahlen. Die üblichen Hin- und H biegeversuche allein ergeben daher im allgemein kein richtiges Urteil über die Biegefähigkeit bei groß Rollendurchmessern.
3. Ein gesetzmäßiger Zusammenhang der Biegefähigk mit den aus dem Zugversuch hervorgehenden Sto eigenschaften, wie Zugfestigkeit, Dehnung, Einschn rung sowie zum Kohlenstoffgehalt ließ sich aus d vorliegenden Zahlenunterlagen noch nicht ableiten.
4. Hingegen zeigte es sich, daß die untersuchten Drä verhältnismäßig um so biegsamer waren, je dünner waren.
5. Unterschiede in der Biegefähigkeit blanker und v zinkter Drähte ließen sich nicht nachweisen.

Obgleich die obigen Ableitungen für Drähte sehr v schiedenen Durchmessers und verschiedener Festigkeit g funden wurden, ist es doch erforderlich, die Untersuchu auf verschiedenartige Werkstoffe anderer Hersteller aus dehnen, um festzustellen, ob und inwieweit die obigen B obachtungen Anspruch auf Allgemeingültigkeit haben. I inzwischen eingeleitete weitere Untersuchung wird au Aufschluß über den Einfluß der Größe der angehängten La (bei weichem und hartem Werkstoff) geben und deutlich erkennen lassen, welche Bedeutung der Zugfestigkeit u der in der Einschnürung zum Ausdruck kommenden Ve formungsfähigkeit des Werkstoffes zuzuschreiben ist.

[M 2585]

[13]) Ueber den Gültigkeitsbereich des Kickschen Ähnlichkeitsgesetzes vergl. Sachs, Mechanische Technologie, Leipzig 1925, S. 15.

[14]) Für die mir von Herrn Dr. Sachs bereitwilligst zuteil gewordene Anregung und Unterstützung danke ich auch an dieser Stelle verbindlichst.

[15]) Weiches Eisen (Probe 16) zeigte erheblich höhere Verwindun fähigkeit und Querschnittsverminderung (s. die Querschnittsverm derungen ψ in Zahlentafel 1) als alle übrigen Werkstoffe, die nur we unterschiedliche Querschnittsverminderungen aufweisen.

[16]) a. a. O.

[17]) Man beachte indessen, daß die angehängte Last, Abb. 2 und von vornherein verhältnisgleich σ_B gewählt wurde.

Dieselmotor für 300 bis 900 Uml./min

Die Foos Gas Engine Co., Springfield, Ohio, stellt einen schnellaufenden kompressorlosen Viertakt-Dieselmotor in einer einzigen Zylindergröße von 216 mm Dmr. und 279 mm Hub her, der durch Verwendung von vier Ventilen für jeden Zylinder befähigt wird, hohe Drehzahlen zu erreichen. Die Ventile sind im abnehmbaren Zylinderkopf so angeordnet, daß beide Einlaßventile mittels eines gemeinsamen Gabelhebels, die beiden Auspuffventile mittels einfacher Hebel von der gemeinsamen, seitlich im Zylinderkopf gelagerten Steuerwelle aus angetrieben werden können. Die Brennstoffpumpen haben in Bronzebüchsen eingeschliffene Kolben ohne Packung und sind am vorderen Ende des Motors gelagert, wo sie mit der Zwischenwelle des aus zwei Kette zügen bestehenden Steuerwellenantriebes verbunden sir Jede Pumpe fördert bei jedem Hub 1,557 cm³, also etwa d Vierfache der bei Vollast notwendigen Brennstoffmeng Der Überschuß wird durch ein kleines, vom Regler eing stelltes Tellerventil zurückgeleitet. Die Leistung jed Zylinders bei 600 Uml./min beträgt 33 PS, kann aber b einem nutzbaren Mitteldruck von 4,9 at auf 50 PS b 900 Uml./min gesteigert werden. Der Motor ist vollkomm eingekapselt und mit Umlaufschmierung versehen. Er i außer für ortfeste Anlagen namentlich auch für Eisenbah Triebwagen bestimmt. („Automotive Industries“ Bd. (1927) S. 438). [N 345] H.

Neuere Arbeiten und Aufgaben der Chemisch-Technischen Reichsanstalt

Von Dr. J. Hausen, Berlin

Eine Übersicht über die Tätigkeit der vier Fachabteilungen der Anstalt wird gegeben: über die Abteilung für allgemeine Chemie, die Abteilung für Sprengstoffe, die Abteilung für Metallchemie, die Abteilung für Physik und das der Anstalt angeschlossene Referat für mechanisch-technische Untersuchungen.

Während der letzten Jahre[1]) hat die Chemisch-Technische Reichsanstalt, die unter Leitung von Prof. Dr. Lenze steht, einen starken Auf-hwung genommen, der dadurch hervorgerufen wurde, ß einerseits die wissenschaftlich-technische For-hung mit der Wiederherstellung der wirtschaftlichen rdnung ganz allgemein einen neuen Antrieb erhielt und nderseits die der Anstalt seitens der Ministerien und von dustriellen Kreisen aus zufallenden Aufträge rein hlenmäßig erheblich anwuchsen. Über die neueren rbeiten und Aufgaben der Anstalt, die zum großen Teil uf dem Gebiet der Unfallverhütung und des rbeiterschutzes liegen und Fragen von volks-irtschaftlicher Bedeutung zum Gegenstand haben, wird n folgenden kurz berichtet.

Die Abteilung für allgemeine Chemie nter Leitung von Oberregierungsrat Dr. Rimarski earbeitete einerseits im Anschluß an früher begonnene ntersuchungen gastechnische Fragen und war anderseits it Arbeiten auf den verschiedensten Gebieten be-chäftigt. In ihrer Eigenschaft als Gutachter für eine An-ahl von Ministerien ermittelte die Reichsanstalt in erster inie das Verhalten der verschiedenen Stoffe in bezug uf Handhabungs- und Transportsicherheit. Hier nahmen ie das Azetylen und andere technische Gase betreffen-en Untersuchungen den breitesten Raum ein. Das zetylengas kann entweder in ortfesten Entwicklern n der Verwendungstelle selbst erzeugt oder auch n gelöster Form in Stahlflaschen bezogen werden. Vom tandpunkt der Sicherheit gegenüber Explosionen des als ndotherme Verbindung leicht zerfallenden Azetylens und us Gründen der leichteren Beförderungsmöglichkeit ist lie Verwendung des gelösten Azetylens in vielen ändern in den Vordergrund getreten. Infolge der wirt-chaftlichen Lage und in Ermanglung der für die Ein-ichtung von Füllwerken und Flaschenparks erforder-ichen Geldmittel sind wir in Deutschland in dieser Hin-icht gegenüber dem Ausland, insbesondere Amerika, urückgeblieben. Während dort etwa 40 bis 50 vH des ge-amten Azetylens (im Vergleich zum Sauerstoffver-brauch) in gelöster Form bezogen wird, beträgt die ntsprechende Zahl für Deutschland nur etwa 10 vH. Die Entwicklung liegt aber in der Richtung der Vervoll-kommnung des Verteilverfahrens für das gelöste Gas, und die deutsche Industrie ist dabei, die genügende An-zahl von Füllwerken und Verteilstellen zu schaffen.

Bei der Klärung der Gefahrenfrage und der Auf-stellung von Richtlinien für Füllung und Beförderung von gelöstem Azetylen ist die genannte Abteilung durch umfangreiche Untersuchungen und die Ausarbeitung von geeigneten Prüfverfahren bahnbrechend vorangegangen. Sie besitzt heut eine umfassende Prüfanlage für alle das Azetylen und seine Handhabung betreffenden Untersuchun-gen und ist die anerkannte amtliche Prüfstelle für die Prü-fung sowohl der im Handel befindlichen wie der neu zu-zulassenden Füllmassen für Azetylenflaschen.

Bekanntlich kann das Azetylen, das in Azeton gelöst wird, nicht ohne weiteres in Form dieser Lösung auf-bewahrt und befördert werden. Es bedarf aus sicherheits-technischen Gründen vielmehr hierzu eines geeigneten Stoffes, einer sogenannten porösen Masse, mit der die für die Beförderung in Frage kommenden gezogenen Stahl-flaschen völlig ausgefüllt sein müssen. An die vielen zu diesem Zweck in Vorschlag gebrachten oder zur Anwen-dung gelangten Füllstoffe, unter denen man feste (zement-artige), elastische und Schüttmassen zu unterscheiden hat, sind Forderungen zu stellen, die darin gipfeln, daß diese Stoffe die Übertragung einer explosionsartigen Zersetzung des Azetylens aufhalten müssen, daß sie keine Hohlräume innerhalb der Flasche bilden, d. h. nicht zusammensinken dürfen, und daß sie den Anforderungen des Transports entsprechen. Auf die erstgenannte Fähigkeit wird in der Reichsanstalt durch Innen- und Außenzündungsversuche, Abb. 1, geprüft, während man die Frage der Hohlraum-bildung durch mechanische Beanspruchung der Massen in geeigneten Rüttel-, Stoß- und ähnlichen Maschinen klar-stellt. Die heute allgemein in den Handel kommenden 40 l-Flaschen stehen unter 15 at Druck und enthalten rd. 6 m³ Azetylengas.

Abb. 1 Versuchsanordnung für die Prüfung der Sicherheit eines Füllstoffes für Azetylenflaschen durch Innenzündung

Versuche über den Einfluß von Verunreinigungen des Azetons auf seine Lösungsfähigkeit für Azetylen und seine allgemeine Brauchbarkeit ließen es als wünschens-wert erscheinen, daß ein möglichst reines und wasserfreies Azeton benutzt wird.

Ferner hat diese Abteilung Versuche über die Reini-gungsstoffe für das in die Flaschen zu füllende Azetylen-gas aufgenommen. Die fraglichen Verunreinigungen sind vorwiegend Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff, die durch Oxydationsmittel entfernt werden. Von den diesen Zwecken dienenden Massen, wie Chlorkalkmassen, Bichro-matmassen und Regenerationsmassen erwiesen sich die Chlorkalkmassen am wirksamsten. Die Bichromatmassen sind heute am gebräuchlichsten. Im allgemeinen soll 1 kg einer Reinigungsmasse den Gehalt von 10 m³ Gas an Phos-phorwasserstoff von 0,04 auf 0,002 Volumen-Hundertteile herabsetzen.

Zum Schutze der Azetylenentwickler gegen Flammen-rückschläge benutzt man im wesentlichen eine Wasser-vorlage. Das von der Reichsanstalt ausgebildete Prüfver-fahren der Vorlagen gegen Flammdurchschläge läuft dar-auf hinaus, daß in einigen an die Vorlage angesetzten Rohren ein Azetylen-Sauerstoff-Gemisch durch Funken ent-zündet wird. Pflanzt sich die Explosion durch die Wasser-vorlage fort, so wird eine hinter der Vorlage angebrachte Zinnfoliensicherung herausgerissen. Die Vorlage ist in diesem Falle nicht brauchbar. Alle in den Handel kommen-den Ausführungen von Wasservorlagen für Hochdruckent-wickler müssen neben der Prüfung durch den Deutschen Azetylenverein auch einer Prüfung seitens der Reichs-anstalt unterzogen werden, bevor sie für den Verkehr freigegeben werden, während Wasservorlagen für ge-wöhnliche Entwickler nur von der Untersuchungs- und Prüfstelle des Deutschen Azetylenvereins geprüft werden. Um die Prüfung den praktischen Verhältnissen weitest-gehend anzupassen, hat die Abteilung neuerdings eine An-lage hergerichtet, bei der im strömenden Gas geprüft wird. Mit Hilfe dieser Anlage wird man Aufklärung über die wichtigsten und wesentlichsten Konstruktionsbedingungen einer Wasservorlage erhalten können. Man ist bei der Wasservorlage stets von richtiger Füllung und Zuverlässig-keit der Bedienung abhängig. Versuche, sie durch selbst-

[1]) Vergl. VDI-Nachrichten vom 11. Februar 1925.

RZ2351Z2

Abb. 2
Gerät für Narzylen-Sauerstoff- und Narzylen-Äther-Sauerstoff-Narkose

RZ2351Z3

Abb. 3. Brandhäuser für die Triolinversuche

tätig wirkende Sicherungen zu ersetzen, wurden daher vielfach unternommen, führten aber bislang nicht zu einem technisch brauchbaren Ergebnis.

Für die Beurteilung der Sicherheit von Hochdruckentwicklern war es von Bedeutung, das Verhalten des Azetylens innerhalb der hier in Frage kommenden Druckbereiche kennen zu lernen (bis 1,5 at Überdruck). Eine Versuchsanlage, bei der das Gas unter diesen Drücken durch Glühdrahtzündung zum Zerfall gebracht wurde, zeigte, daß die Zerlegung durch erhöhten Druck begünstigt wird. Zur Zündung kommt im Falle des Hochdruckentwicklers das sogenannte „Erglühen des Karbids" in Betracht, das durch Aufschütten von Karbidstaub auf eine Wasserfläche beliebig hervorgerufen werden konnte. Es stellt eigentlich ein Erglühen von Kohlenstoff und Polymerisationserzeugnissen des Azetylens dar, wobei Temperaturen bis über 1000° beobachtet werden, die also die Zerfalltemperatur des Azetylens weit überschreiten. Da mit derartigen Erscheinungen in der Praxis zu rechnen ist, wurde der für Hochdruckentwickler zulässige Höchstdruck vom Deutschen Azetylenausschuß vorläufig von 1,5 auf 1 at Überdruck herabgesetzt.

In besonders gereinigter Form findet das Azetylen neuerdings als N a r z y l e n Anwendung zum Zwecke der Betäubung bei chirurgischen Eingriffen. Gegenüber den bisher zu diesem Zwecke benutzten narkotisierenden Mitteln hat es den Vorteil, weder Herzaffektionen noch Brechreiz herbeizuführen. Der Patient erlangt nach Abnahme der Maske bald wieder die Besinnung. Die hierfür in Frage kommenden Geräte, Abb. 2, sind für Narzylen-Sauerstoff- und Narzylen-Äther-Sauerstoff-Narkose eingerichtet, sie bestehen im wesentlichen aus Stahlflaschen für die Gase, Gaswäscher, Entspannungsventilen, Misch- und Meßvorrichtungen, Mischbeutel, Maske und Rückführung der ausgeatmeten Gase, die nach der Entfernung des Kohlensäuregehaltes wieder in die Gaszuleitung zurückgeführt werden. Umfangreiche Versuche sind im Gang, um sämtliche Möglichkeiten einer unbeabsichtigten Zersetzung des Narzylens auszuschließen.

In ähnlicher Weise wie das Narzylen wirkt das L a c h g a s betäubend. Es hat den Vorzug, mit Luft oder Sauerstoff kein explosibles Gasgemisch zu bilden, da es sauerstoffähnliche Eigenschaften aufweist. Man hat sich, insbesondere in Amerika, neuerdings dem Lachgas fü den genannten Zweck in erhöhtem Maße zugewandt un auch in Deutschland beginnt man seiner Verwendun stärkere Aufmerksamkeit entgegenzubringen. Die Reich anstalt hat daher Versuche zur Klärung der Sicherheit frage bei der Verwendung dieses Gases in Angriff g nommen.

Auf dem Gebiete der S c h w e i ß t e c h n i k werde im Ausland Anstrengungen gemacht, mit Hilfe von pla mäßiger Forschungsarbeit bezüglich Wirtschaftlichkeit un Güte des Schweißens und Schneidens größtmögliche Vol kommenheit zu erzielen. Da das deutsche Wirtschaft leben ähnliche Maßnahmen erfordert, ist auf Anregun des Deutschen Azetylenvereins, wie bekannt, ein F a c h a u s s c h u ß f ü r S c h w e i ß t e c h n i k im Verei deutscher Ingenieure ins Leben gerufen worden; der Au schuß umfaßt in acht Gruppen die wichtigsten Gebiete d Schweißung und bietet die Gewähr für eine Behandlun dieses Sonderfaches auf breiter Grundlage. Die erste d Reichsanstalt zur Bearbeitung zugefallene Aufgabe, d Beziehungen zwischen Reinheitsgrad von Azetylen un Sauerstoff und der Wirtschaftlichkeit und Güte d Schweißnaht klarzulegen, wurde gemeinsam mit d Schweißtechnischen Versuchsanstalt der Reichsbahn-G sellschaft in Wittenberge durchgeführt; sie ergab, da die Ausführung der Schweißarbeit einen bedeutend größ ren Einfluß auf Wirtschaftlichkeit und Güte der Schwei naht ausübt als Verunreinigungen der Gase. Ihr gege über sind Verunreinigungen des Sauerstoffes durch 1 bi bis 5 vH Stickstoff und Verunreinigungen des Azetylens i dem Umfang, wie sie im ungereinigten Azetylen auftrete praktisch bedeutungslos.

Einem Antrage des Grubensicherheitsamtes entspre chend, unterzieht man neuerdings die Frage der Verwe dung von T e t r a c h l o r k o h l e n s t o f f als Löschmitt unter Tage im Hinblick auf die Art und Menge der pyro genen Zersetzungserzeugnisse einer Untersuchung.

Weitere Arbeiten der Abteilung betrafen die Trans port- und Handhabungssicherheit von konzentrierte B l a u s ä u r e. Auf Grund einer Anregung des Ministe riums für Handel und Gewerbe und des Reichsverkehrs ministeriums, das sich angesichts der wiederholt beob achteten Zertrümmerungen von Blausäurebehältern, ins besondere Stahlflaschen, der verschiedensten Art vor di Frage gestellt sah, ob und in welcher Form die Beförde rung flüssiger Blausäure genehmigt werden könne, wurd die Frage der Blausäureexplosionen, die bisher eine rest lose und einwandfreie Klärung noch nicht gefunden hatte in den Kreis der Untersuchungen einbezogen.

Die Abteilung ging bei den Untersuchungen vo der Frage aus, ob Blausäure in höchstkonzentrierte Form unter praktisch möglichen Beanspruchungen al

Sprengstoff zu betrachten sei. Diese Frage konnte an Hand von übereinstimmenden Ergebnissen zahlreicher Spreng-, Erhitzungs- und Brandversuche verneint werden. Es lag daher die Annahme nahe, daß die bei gewaltsamen Zertrümmerungen von Blausäurebehältern beobachteten Polymerisationsvorgänge, wenn sie mit genügender Geschwindigkeit verlaufen, infolge ihrer hohen Wärmetönung eine plötzliche Verdampfung der unveränderten Blausäure und Ausdehnung der gleichzeitig entstehenden Gase und Dämpfe herbeiführen, die zur Zertrümmerung der Gefäße führt. Durch eine Reihe von Lagerversuchen ließ sich feststellen, daß diese Polymerisationsvorgänge durch Wasser und (bei konzentrierter Säure, die an sich nicht zerfällt) durch Stoffe mit basischen Eigenschaften ausgelöst werden. Als praktische Folgerung hieraus ergibt sich, daß geringe Mengen von Säure eine genügende Stabilisierung herbeiführen, und daß bei Verwendung eines Aufsaugmittels für die Blausäure deren etwaige Basizität durch genügende Säurezusätze aufgehoben werden muß. Bei Innehaltung dieser Maßnahmen kann man die hochkonzentrierte Säure gefahrlos befördern. Das ergab sich aus zahlreichen mechanischen Beanspruchungsversuchen (Rüttel-, Stoß-, Abfall- und Einschlagversuchen), mit denen die bei der Eisenbahnbeförderung auftretenden Erschütterungen der verschiedensten Art naturgetreu nachgeahmt und die sowohl mit Blausäureflüssigkeit in Stahlflaschen wie auch mit in Weißblechbüchsen verpackter aufgesaugter Säure durchgeführt wurden. Für den letztgenannten Fall wurde von der Abteilung eine Verpackungsweise angegeben, die sich gut in der Praxis eingeführt und bewährt hat. Zur Bestätigung dieser Auffassung wurde ein Fahrversuch unternommen, bei dem eine ordnungsmäßig gepackte Kiste mit Blausäurebüchsen der tatsächlichen Beanspruchung der Eisenbahnbeförderung während längerer Zeit auf den verschiedensten Bahnstrecken ausgesetzt wurde.

Besonders erwähnenswert ist die Gutachtertätigkeit, die der Abteilung bei dem Streit zwischen den Herstellern des Triolin-Fußbodenbelages und den Linoleumfabriken zugefallen war. Triolin stellt einen Stoff dar, der neben den üblichen Füllstoffen gewisse Mengen von Kollodiumwolle enthält, die durch einen organischen Phosphorsäureester gelatiniert und stabilisiert ist. Da die Triolinmasse mittels eines besonderen Verfahrens in kurzen Zeiten herstellbar ist, während der Linoleumerzeugung der langwierige Vorgang der Linoxynbildung zugrunde liegt, hat sie dem Linoleum gegenüber gewisse wirtschaftliche Vorteile. Es wurde aber an Hand von technologischen Prüfungen geltend gemacht, daß sie infolge ihres Gehaltes an einem Sprengstoff explosiv und brennbar sowie infolge der schon bei mittleren Temperaturen erfolgenden Abspaltung von physiologisch wirksamen Gasen, wie Blausäure und Stickoxyden, gesundheitsschädlich sei.

Das Reichswehrministerium, für das wegen der Verwendung des Triolins als Bodenbelag in Kasernen und Magazinen eine einwandfreie Klärung der Sachlage wichtig war, stellte den Antrag auf die Durchführung einer entsprechenden Untersuchung, die von der Abteilung vor zwei Jahren begonnen und im verflossenen Jahre beendet wurde. Die ausgeführten Untersuchungen, die z. T. gemeinsam mit dem Reichsgesundheitsamt und im Einvernehmen mit dem Zentralamt der Feuerwehr Berlin durchgeführt wurden, stellen infolge ihres lückenlos aufgebauten Arbeitsplanes und der weitgehenden Angleichung aller Versuchsbedingungen an die praktisch vorkommenden Verhältnisse ein Musterbeispiel für die Bearbeitung einer technisch wichtigen Frage dar.

Zur Erreichung dieses Zieles waren umfassende Maßnahmen erforderlich, von denen nur die Errichtung zweier Versuchshäuser, Abb. 3, zur Prüfung der Brandbeständigkeit der Beläge erwähnt sei. Als Endergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt, daß Bedenken gegen die Zulassung des Triolins zu den verschiedensten Zwecken (als Fußbodenbelag usw.) nicht bestehen.

Außer den angedeuteten beschäftigten die Abteilung für allgemeine Chemie die verschiedensten Arbeiten, von denen nur die Frage der Handhabungssicherheit von Zelluloid hervorgehoben sei. Nebenher liefen Untersuchungen und Begutachtungen von Rohstoffen aller Art, wie Fette, Öle, Harze, Betriebstoffe usw., die vorwiegend im Auftrag von Behörden ausgeführt wurden.

Die Abteilung für Sprengstoffe unter Leitung von Oberregierungsrat Prof. Dr. Kast gab in letzter Zeit eine Anzahl von Gutachten über Explosionen und Brände in den verschiedensten industriellen Anlagen ab (z. B. neuerdings über das Explosionsunglück in der Pulverfabrik Hasloch am 20. Mai 1926) und war mit Untersuchungen über die Art und Gefährlichkeit sowie die Beförderungs- und Handhabungssicherheit von Spreng- und ähnlichen Stoffen beschäftigt.

Für die Beförderung müssen die Sprengstoffe gewissen Bedingungen genügen, die in den Prüfungsvorschriften der Reichsbahn zusammengefaßt sind. Die Prüfverfahren zielen darauf ab, ein Urteil über den Gefährlichkeitsgrad der einzelnen Sprengstoffe zu gewinnen. Sie wurden an Hand der Erfahrungen, die im Laufe jahrzehntelanger Praxis und insbesondere in der Kriegszeit gewonnen wurden, einer Umarbeitung unterzogen und dem neuzeitlichen Stand unserer Kenntnisse auf diesem Gebiet angepaßt. Die Reichsanstalt arbeitet in diesen Fragen in enger Fühlungnahme mit der Zentralstelle für Sprengstoff- und Munitionsfabriken beim Reichsarbeitsministerium und dem Reichsverkehrsministerium. Besonders erwähnenswert sind die auf Grund der Lehren aus dem Oppauer Unglück aufgestellten Richtlinien über die zweckmäßige Anlage von Sprengstoffabriken.

Neben diesen den normalen Gebrauch betreffenden Arbeiten liefen solche einher, die durch den Mißbrauch von Sprengstoffen, sei es infolge politischer Wirren, sei es im Zusammenhang mit Verbrechen verursacht waren und zu Beurteilungen von Art, Gefährlichkeit und Wirkung gewisser Sprengstoffe für das Gerichtsverfahren dienten.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen der Abteilung hatten u. a., in Fortsetzung früher begonnener, umfassender Untersuchungsreihen die Bestimmung der Bildungswärmen, deren Kenntnis zur Ermittlung der thermodynamischen und sprengtechnischen Eigenschaften der Sprengstoffe erforderlich ist, zum Gegenstand.

Bei einer Untersuchung über Initialsprengstoffe wurde festgestellt, daß, abgesehen von der möglichst schnellen Erreichung des Druckhöchstwertes, die Brisanz eines Sprengstoffes der ausschlaggebende Umstand für seine Zündwirkung ist und daß die Übertragung der eingeleiteten Detonation auf den Sprengstoff mit der Größe des Produkts aus Dichte, Detonationsgeschwindigkeit und spezifischer Energie des Initialsprengstoffes ansteigt.

Bei der Prüfung von gepreßten Nitrokörpern ergab sich die Tatsache, daß sie bei gleicher Dichte verschiedene Detonationsfähigkeit zeigten. Offenbar spielt für die Detonationsfähigkeit nicht nur die Dichte eine Rolle, sondern auch innerer Aufbau und Festigkeit sowie andre physikalische Eigenschaften, besonders die Elastizität des Sprengstoffkörpers, sind hier von großem Einfluß.

Bemerkenswert ist die Feststellung, daß ein Paraffinzusatz zu Knallquecksilber die Detonationsgeschwindigkeit erheblich steigert, im Gegensatz zu einem solchen Zusatz bei Trinitrotoluol.

In eingehender Weise wurden die Flüssigluft-Sprengstoffe auf ihre sprengtechnischen Eigenschaften untersucht. Es stellte sich dabei heraus, daß diese Sprengstoffe in ihrer Wirkung etwa den Ammonsalpeter-Sprengstoffen gleichkommen und bei entsprechender Zusammensetzung die Wirkung von Dynamiten annähernd erreichen können. Ihre Detonationsgeschwindigkeit liegt zwischen 3000 und 5000 m/s, ihre Dichte etwa bei 1, während ihre Explosionstemperatur bis zu 6000 ° ansteigen kann.

Neuerdings hat die Abteilung für Sprengstoffe Untersuchungen für das Grubensicherheitsamt begonnen, deren Ziel die Unfallverhütung im Bergbau ist. Die häufigen Bergwerkskatastrophen der letzten Jahre ließen es erforderlich erscheinen, umfassende Versuche auszuführen. Die im Bergbau gebräuchlichen Sprengstoffe wurden im Hinblick auf ihre Transport-, Handhabungs- und Lager-

sicherheit beobachtet. Gegenwärtig im Gang befindliche Untersuchungen betreffen die Frage der Zündung von Schlagwettern und von Kohlenstaub durch Sprengschüsse. Die Berechnung der aus den Bildungswärmen und der Zerfallgleichung auf thermodynamischem Wege zu ermittelnden Explosionstemperatur gibt von vornherein gewisse Anhaltpunkte für die Beurteilung der Schlagwettersicherheit eines Sprengstoffes. Zur Schaffung der erforderlichen Grundlagen werden von der Abteilung einerseits die Bildungswärmen und anderseits analytisch die Zusammensetzung der Zersetzungsgase bestimmt, damit man aus diesen Ermittlungen die Zerfallgleichung aufstellen kann. Im allgemeinen hat es sich gezeigt, daß Sprengstoffe, deren Explosionstemperatur 2000 ° überschreitet, nicht mehr die genügende Schlagwettersicherheit aufweisen. Natürlich spielen hierbei auch noch andre Umstände eine Rolle, wie z. B. die Flammendauer, die durch Photographieren auf beweglichem Filmband festgestellt wird.

Weitere Untersuchungen der Abteilung betrafen die Zuverlässigkeit von Prüfverfahren für Sprengstoffe, den Vergleich verschiedener Nachweisverfahren für Kohlenoxyd im Hinblick auf den schnellen und zuverlässigen Nachweis dieses Gases in Bergwerken auch durch ungeübte Personen. Ferner wurden die bisherigen Prüfverfahren für die Fertigstellung der Empfindlichkeitsgrenzen geladener Zündhütchen durch Einführung von neuartigen Ermittlungsverfahren, wie Messungen des Zündflammstrahles, der Flammendauer, der Brisanz, der Ladedichte usw., vervollständigt.

Abb. 4
Gewichtverluste von Aluminiumblechen (verschieden ausgeglüht) beim Angriff durch Salzsäure
——— Aluminium von 98 bis 99 vH Reingehalt
— — — „ „ 99,5 vH Reingehalt.

Die Abteilung für Metallchemie und Metallschutz unter Leitung von Reg.-Rat Dr. Maaß hat den Schutz der Werkstoffe, insbesondere der Metalle, gegen die zerstörenden Einflüsse chemischer und physikalisch-chemischer Natur zum Gegenstand ihrer Tätigkeit. Das Studium dieser Fragen ist von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung; denn es soll Anhaltpunkte für die wirtschaftliche Verwendung der verschiedenen metallischen Werkstoffe bei bestimmter chemischer Beanspruchung ergeben und soll geeignete Schutzmaßnahmen ermitteln, die die Lebensdauer der Metalle erhöhen und dadurch eine Erhaltung volkswirtschaftlicher Werte herbeiführen. Diesem Ziele dienen Forschungen und technologische Untersuchungen, die einerseits die Aufklärung des eigentlichen Korrosionsvorganges anstreben und anderseits die Beurteilung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen zum Gegenstand haben.

Ausgehend von der Erkenntnis, daß sich eine allgemeine Schutzmaßnahme gegen die Anfressung auf absehbare Zeit hinaus nicht wird angeben lassen, hat man eine, von Metall zu Metall schreitende Korrosionsforschung begonnen, die die Grundlagen für eine den jeweiligen anfressend wirkenden Einflüssen entsprechende Auswahl der Metalle liefern soll. Um das Verhalten eines Metalles kennen zu lernen, war es notwendig, Strom-Spannungs-Kurven sowohl nach der Seite der Anode wie nach der Kathode hin aufzunehmen. Die im Gebiete der Restströme aufgenommenen Strom-Spannungs-Linien zeigen im Bereich der kathodischen Polarisation zeitlich schwankende Potentiale. Innerhalb dieses Bereiches geht das kathodisch polarisierte Metall verstärkt in Lösung und gleichzeitig bedeckt sich die Metalloberfläche mit einer basischen Deckschicht. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die hier gewissermaßen „künstlich" und in kurzen Zeiten erhaltenen Schichten den während des natürlichen Zersetzungsvorganges in längeren Zeiten entstehenden Deckschichten wesensähnlich sind. Sie sind es offenbar, die dem Metall passive Eigenschaften verleihen, wobei unter Passivität alle jene Zustände zu verstehen sind, in denen Abscheidungs- oder Lösungsvorgänge nicht mit der theoretisch nach dem Faradayschen Gesetz zu erwartenden Menge vor sich gehen. Sie sind es offenbar auch, die zu ihrer Reduktion einen Teil des kathodisch abgeschiedenen Wasserstoffes in Anspruch nehmen, und es ist wahrscheinlich, daß hierin eine wenigstens teilweise richtige Erklärung für die Überspannung liegt, mit der der Wasserstoff an Metallen abgeschieden wird.

Neben diesen rein theoretischen Studien läuft eine umfangreiche Untersuchung über den allgemeinen Angriff anfressender Flüssigkeiten auf Aluminium und seine Legierungen, deren bisherige Ergebnisse darauf hinweisen, daß die thermische und mechanische Behandlung des Aluminiums seine Korrosionsbeständigkeit wesentlich beeinflußt. So setzen z. B. Anlaßtemperaturen bis zu 350 °C die Widerstandfähigkeit gegen anfressende Flüssigkeiten in steigendem Maße herab, über 400 °C nimmt sie — genügende Abkühlgeschwindigkeit vorausgesetzt — wieder zu, Abb. 4. Wenigstens gilt dies für die Einwirkung von Salzsäure. Bei Natronlauge ergibt sich wieder ein ganz anderes Bild. Ganz allgemein spielen die Verunreinigungen des Aluminiums und Zusätze, die zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften gemacht werden, und die Form, in der sie bei den verschiedenen Anlaßtemperaturen vorliegen, sowie ihr Verhalten gegenüber den verschiedenen Einflüssen offenbar eine ausschlaggebende Rolle.

Ungünstig ist in jedem Falle, wenn die Verunreinigungen oder die Zusätze nicht in Form von Mischkristallen im Stoff vorliegen, da alsdann die Bildung von Lokalelementen wesentlich begünstigt ist; die Auflösungsgeschwindigkeit wird dadurch stark erhöht. Wie zuweilen die Vorbehandlung zwecks Steigerung der physi-

alischen Eigenschaften die Beständigkeit gegen Anfressun-
en vermindern kann, dafür sind die magnesiumfreien Alu-
iniumlegierungen ein Beispiel, bei denen Erhitzen auf
00 bis 150 ° den Zerfall der Mischkristalle bewirkt, wo-
urch die Korrosionsbeständigkeit stark herabgesetzt
rird. Angesichts der zunehmenden Verwendung des
luminiums in der Technik kommt den Arbeiten der Ab-
ilung eine große praktische Bedeutung zu.

Auf dem Gebiete des Metallschutzes durch metalli-
che Überzüge sind vergleichende Untersuchungen über
ie Schutzwirkung der verschiedenen Schutzschichten
nd die Wirtschaftlichkeit und Güte der verschiedenen
letallisierungsverfahren im Gange.

Weitere Versuche der Abteilung hatten den Zweck,
ergleiche über die Geschwindigkeit und Art der Rost-
ildung an Eisenblechen festzustellen, die in einem Falle
nittels Sandstrahlgebläses gereinigt, im andern mit Draht-
ürsten entrostet waren. Dabei ergab sich, daß der Walz-
under, dem man gewöhnlich die Eigenschaft zuschreibt,
ostschützend zu wirken, keine derartige Schutzwirkung
usübt, da die Zunderschicht porig ist. Bei Gegenwart
on Feuchtigkeit treten zunächst an den Poren Rostungen
uf, die im Verlauf längerer Zeit unter der Walz- oder
Zunderschicht weitergehen und diese vom Grundmetall
blösen. Durch Elementbildung zwischen Zunderschicht
nd Grundmetall kann eine weitere Verstärkung des An-
riffs herbeigeführt werden.

Die wichtigste Schutzmaßnahme gegen die
Anfressung durch atmosphärische Einflüsse ist heute
mmer noch der Ölfarbenanstrich. Das gilt insbesondere
ür Ingenieurhochbauten und ausgedehnte Eisenkonstruk-
ionen. An den Bestrebungen, die Beurteilung von An-
trichfarben und Anstrichen sowohl hinsichtlich ihrer all-
emeinen Eigenschaften wie Streich- und Trockenfähig-
eit, Deckkraft, Reinheit von Pigment und Bindemittel,
Widerstandfähigkeit gegen thermische Einflüsse und
Wetterbeanspruchungen usw. wie auch besonders auf ihre
Rostschutzwirkung von der persönlichen Schätzung hin-
weg auf eine breite, zahlenmäßig erfaßbare Grundlage zu
stellen, ist die Abteilung rege beteiligt. Die in dieser
Richtung geführten Arbeiten haben bereits einige Ver-
ahren geliefert, mit deren Hilfe die Prüfung der An-
strichfarben von der persönlichen Beurteilung unab-
hängig gemacht werden kann. Schwieriger gestaltet sich
die Prüfung des fertigen Anstriches. Man versucht hier,
die Verhältnisse der Praxis in geeigneten Laboratoriums-
geräten nachzuahmen, indem man beispielsweise be-
strichene Eisenbleche gleicher Beschaffenheit gegebenen-
falls unter Bestrahlung mit der Quarzlampe, nach jeweils
gleichen Zeitabständen eine bestimmte Zeit lang bewäs-
sert (Regenfall) und wieder trocknen läßt. Inwieweit
sich durch derartige Kurzprüfungen ein zuverlässiges
Urteil über die Bewährung eines Anstrichs in der Praxis
erhalten läßt, ist eine heute noch sehr umstrittene Frage.
Man vertritt vielerorts die Auffassung, daß die Verhält-
nisse der Praxis, insbesondere was Sonnenbestrahlung,
Tau, Nebel usw. anlangt, schlechterdings nicht nachge-
ahmt werden können. Um zuverlässige Prüfergebnisse
zu erhalten, hilft man sich gegenwärtig noch in der Weise,
daß gestrichene Bleche längere Zeit (etwa 2 Jahre) der
Atmosphäre ausgesetzt und dann untersucht werden.

Weitere Arbeiten der Abteilung betreffen die Licht-
empfindlichkeit von Lithopone[2]) (d. h. ihres eigentlich
lichtempfindlichen Bestandteils: Zinksulfid), die in An-
betracht der sonstigen günstigen Eigenschaften dieses
Pigments (billiger als Bleiweiß und nicht giftig) einer
Aufklärung bedarf. Die Meinungen über diese äußerst
verwickelten Erscheinungen gehen vorderhand noch
weit auseinander. Für die Praxis ist es wichtig, die
Lichtechtheit einer Lithopone rasch und sicher bestimmen
und in geeignetem Maße zum Ausdruck bringen zu
können. Hierfür hat diese Abteilung ein Verfahren aus-
gearbeitet, das die Grundlage für die Normung von Litho-
pone darstellt.

Wichtig sind auch die Arbeiten der Abteilung über
den Glanz von Anstrichen, die Festlegung des Begriffes
und seine Messung. Als Glanzgrad wurde bisher das
Verhältnis des gesetzmäßig reflektierten zum diffus
reflektierten Licht bezeichnet, wobei der Wert des Quo-
tienten bei hohem Glanz nach oben ins Unendliche ver-
schwimmt. Die Abteilung hat daher im Einvernehmen
mit den beteiligten industriellen Kreisen den Glanzgrad
in Hundertteilen ausgedrückt als das Verhältnis des regel-
mäßig reflektierten Lichtes in Hundertteilen des insge-
samten reflektierten Lichtes. Auf dieser Grundlage
wurde ein Gerät zur Bestimmung des Glanzgrades erbaut.

Ferner war die Abteilung mit Untersuchungen und
Gutachten über Metalle, Metallanfressungen, Rostschutz-
mittel verschiedenster Art usw. beschäftigt. Erwähnt sei,
daß sie eine der Prüfstellen für die bei der Reichsbahn
und Reichspost zuzulassenden Anstrichmittel ist.

Die Abteilung für Physik unter Leitung von
Oberregierungsrat Dr. Ritter hatte Fragen der Unfall-
verhütung, insbesondere auf dem Gebiete der Gas- und
Benzinexplosionen, und in letzter Zeit auch die Unter-
suchung der Fernwirkung von Explosionen und Fragen der
inneren Ballistik zum Gegenstand ihrer Tätigkeit. Die
Untersuchungen über die Fernwirkungen von Explo-
sionen, die mit Unterstützung der Notgemeinschaft der
deutschen Wissenschaft und in Gemeinschaft mit andern
wissenschaftlichen Instituten ausgeführt wurden, haben
zu bemerkenswerten Ergebnissen geführt. Die Schall-
strahlen gehen bekanntlich in große Höhen hinauf, die
sich aus Laufzeitmessungen ermitteln lassen. Beobachtet
man nun die Reflexion, die die Schallstrahlen in der
Atmosphäre an leichteren Gasen erleiden, so bekommt
man Anhaltpunkte für die Zusammensetzung der Atmo-
sphäre in diesen Höhen. Die hier erhaltenen Ergebnisse

[2]) Lithopone ist ein als weißer Farbstoff in Gebrauch befindliches Gemenge von Bariumsulfat und Zinksulfat.

Abb. 5
Sprenggruben auf dem Sprengplatz der Chemisch-Technischen Reichsanstalt

Abb. 6
Entwicklung der Schwaden bei einer 1000 kg-Sprengung (Ausschnitt aus einem Film)

Abb. 7
Zeitlicher Verlauf des Luftdruckes in verschiedenen Entfernungen von der Sprengstelle

Abb. 8
Verlauf des Gasdrucks im Lauf einer Handfeuerwaffe beim Prüfungsbeschuß und bei der praktischen Verwendung

werden wahrscheinlich unsere Annahmen über die Zusammensetzung der Atmosphäre in großen Höhen wesentlich berichtigen. Von praktischer Bedeutung verspricht die Beobachtung der Wellenfortbewegung im Erdinnern zu werden. Die durch Sprengungen erzeugten Erdwellen durchlaufen Erdschichten verschiedener Beschaffenheit mit verschiedenen Geschwindigkeiten und werden an Grenzschichten unter der Erdoberfläche reflektiert. Man kann auf diese Weise aus Seismogrammen Auskunft über die geologischen Verhältnisse der untersuchten Erdschicht erhalten. Abb. 5 und 6 sind Bilder von den Sprengarbeiten der Abteilung für Physik[3]).

Weitere Untersuchungen der Abteilung betrafen die bei Explosionen entstehende Stoßwelle, ihre Geschwindigkeit und den Verlauf ihrer Ausbreitung. Die Geschwindigkeit wurde in der unmittelbaren Nähe des Sprengherdes zu mehreren tausend Metern in 1 s ermittelt; sie geht erst im Abstand von 200 bis 300 m auf die Schallgeschwindigkeit zurück. Eingehende Aufzeichnungen über die Höhe und den zeitlichen Verlauf des Luftdruckes, Abb. 7, in wechselnden Entfernungen vom Sprengherd zeigten, daß die erst sehr unregelmäßige Wellenform sich mit wachsendem Abstand vom Sprengherd verflacht und sinusförmig wird. Dieser Verlauf erklärt die Saugwirkungen, die bei manchen Explosionen beobachtet wurden. Reicht nämlich der positive Teil der Druckwelle eben zur Zertrümmerung eines Hindernisses, z. B. einer Fensterscheibe aus, so erteilt der negative Teil eine Beschleunigung zum Sprengherd hin, die Scheibe fliegt aus dem Zimmer hinaus. Die in größerer Entfernung vom Sprengherd sinusförmige Welle hat eine Schwingungsdauer, die etwa der Eigenschwingungsdauer von Schaufensterscheiben entspricht. Eine solche Scheibe kann im Falle vorliegender Resonanz besonders viel Energie aus der Schallwelle aufnehmen und daher zu Bruch gehen, während andre Scheiben unversehrt bleiben.

Großen Einfluß üben außerdem auch Witterung und Geländeform auf die Fernwirkung einer Explosion aus. Wälle vermögen z. B. die Nahwirkung abzuschwächen und damit die Sicherheit einer Fabrikanlage zu erhöhen; für die Fernwirkung sind sie indessen belanglos. In geschlossenen Räumen oder röhrenartigen Gängen, z. B. im Bergwerk, liegen die Dinge ganz anders. Hier nimmt der Druck nicht so schnell ab wie an der Erdoberfläche, ja es können entferntere Stellen durch Reflexion der Wellen einem höheren Drucke ausgesetzt werden, als in größerer Nähe des Sprengherdes herrscht. Die in dieser Hinsicht ausgeführten Messungen erklären die oft beobachtete Erscheinung, daß eine Stoßwelle, nachdem sie weite Strecken eines Bergwerkes wirkungslos durchlaufen hat, stellenweise wieder Zerstörungen und Brandwirkung hervorruft. Sie geben wertvolle Anhaltspunkte für die Anlage von Sprengstoff-Lagerräumen unter Tage.

[3]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 543.

Allgemein kann man sagen, daß durch die rechnerisch Erfassung des Verlaufs der Explosionswellen die Mög lichkeit geschaffen wird, die Sicherheitsgrenzen fü Sprengstoffabriken und -läger und insbesondere auch fü bestimmte Baukonstruktionen mit viel größerer Genauig keit festzulegen als bisher. Ferner wird man aber auc in Fällen von Schadenersatzansprüchen an Hand vo Form und Schwingungsdauer der Luftdruckwelle viel zu verlässiger beurteilen können, ob bestimmte Beschädi gungen durch die Fernwirkung einer Explosion verursach sind oder nicht.

Weitere Arbeiten der Abteilung hatten die Schaf fung von Grundlagen für die Neuregelung der gesetz lichen Bestimmungen über den **Beschuß von Hand feuerwaffen** zum Gegenstand. Bekanntlich wir der Lauf einer Handfeuerwaffe bis zur endgültigen Fer tigstellung nach den bisherigen Bestimmungen eine zwei- bis dreimaligen Beschuß mit verstärkter Ladung aus gesetzt, Abb. 8, damit der Schütze von vornherein gegen di Gefahr des Zerspringens beim normalen Gebrauch de Waffe gesichert ist. Der Beschuß mit rauchlosem Pulve nimmt neuerdings immer mehr zu und bedarf daher eine gründlichen Regelung. Hierbei ist es nicht mehr möglich wie beim Schwarzpulver das Ladungsgewicht zugrund zu legen, sondern man ist vielmehr genötigt, alle Mes sungen und Angaben nur mehr auf den Gasdruck zu be ziehen. Die erforderlichen Messungen sind von der ge nannten Abteilung ausgeführt worden; sie haben di Grundlage für die gesetzliche Neuregelung ergeben. Ma strebt eine einheitliche internationale Regelung der Be schußfrage an, worüber z. Zt. Verhandlungen schweben Die Meßgeräte und -verfahren werden genormt.

Zur Klärung der Frage, wie weit Behälteranlagen eine Selbstentzündung des Benzins durch elektrische Erregun ausgesetzt sind, wurden zwei Großversuche an Behäl tern ausgeführt. Laboratoriumsversuche hatten gezeigt daß bei gesteigerter Strömungsgeschwindigkeit des Ben zins Spannungsunterschiede bis zu 20 000 V auftrete können. Da Zweifel bestanden, ob im praktischen Betrie ähnlich hohe Elektrisierungen stattfinden können, wurde im Auftrage der Technischen Deputation beim Preußische Ministerium für Handel und Gewerbe Messungen in Tank anlagen selbst vorgenommen. Als Ergebnisse dieser Ver suche war festzustellen, daß die elektrische Erregung de Benzins in Behältern bei guter Erdung der Anlag praktisch ohne Bedeutung ist. Eine im Benzin bei Durchgang durch enge Leitungsquerschnitte entstanden Ladung wird verhältnismäßig schnell an die Wandunge abgegeben. Bei Strömungsgeschwindigkeiten unter 1,2 m/ tritt überhaupt keine nennenswerte elektrische Aufladun in Erscheinung. Nach den Versuchen ist anzunehmen, da die Gefahr der Selbstentzündung von Benzin infolge elek trischer Erregung in der Praxis häufig überschätzt wird Gute Erdung und Vermeidung von Störungen der glatte

Flüssigkeitsoberfläche bieten genügende Sicherheit vor elektrischer Selbstentzündung. Weitere Versuche der Abteilung betrafen die Sicherung von Behältern gegen das Eindringen von Flammen von außen her.

Bedeutsam ist die Feststellung, daß ein Ammoniak-Luftgemisch mit 17 bis 27 Volumen-Hundertteilen Ammoniak durch eine Flamme zur Explosion gebracht werden kann. Diese Tatsache ist früheren Forschern offenbar deshalb entgangen, weil sie mit zu kleinen Gefäßen arbeiteten, bei denen sich die Kühlwirkung der Wandungen zu stark bemerkbar machte. Die Explosionen haben den Charakter von Knallgasexplosionen. Es wurden Drücke von 6.5 kg/mm² beobachtet.

Ein der Technischen Deputation für Gewerbe beim Preußischen Ministerium für Handel und Gewerbe abgegebenes Gutachten der Abteilung betraf die Explosion in der Kirchstraße, Berlin, am 18. September 1925; es äußerte sich dahin, daß hier eine reine Leuchtgas-Luft-Explosion vorlag.

Da es sich gezeigt hat, daß die berechneten statischen Festigkeiten von Werkstoffen nicht als genügender Anhalt für die Beurteilung ihrer Widerstandfähigkeit gegenüber kurz verlaufenden Explosionen betrachtet werden können, sind frühere Versuche über das Verhalten von Werkstoffen unter diesen Bedingungen wieder aufgenommen worden.

Neben diesen Arbeiten lief eine Reihe von Untersuchungen und Begutachtungen einher, die die Prüfung von Zündschnüren mit Hilfe von Röntgenstrahlen, den Blitzschutz explosionsgefährlicher Gebäude und Magazine, die Lichtstärke von Signalkörpern u. a. betrafen.

Der mechanisch-technischen Prüfstelle unter Reg.-Rat Lieber fielen in der Zeit dieses Berichtes in erster Linie Stoffprüfungen der verschiedensten Art für behördliche und amtliche Stellen zu. Im Jahre 1925 wurden mehr als 500 Einzeluntersuchungen ausgeführt, wobei es sich meist um Abnahmeprüfungen handelte.

Eine Untersuchung über den Einfluß verschiedener Lötmittel auf die Festigkeit der Lötverbindung ergab, daß hier praktisch keine nennenswerten Unterschiede auftreten.

Die Prüfstelle beteiligte sich an der Neuaufstellung von Lieferbedingungen der Inspektion für Waffen und Geräte und an der Aufstellung von Normen für Lieferbedingungen für Asbest, Tücher usw. durch den Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung.

Für die Bestimmung der Verschleißfestigkeit von Werkstoffen, insbesondere von Radreifen und Schienen, war seinerzeit von dieser Prüfstelle ein Prüfverfahren in Vorschlag gebracht worden, das in einer inzwischen auch mehrfach in die Praxis eingeführten Abnutzungsprüfmaschine verkörpert wurde. Über die Streuung der Zahlenwerte für die Abnutzung, die bei Maschinen gleicher Bauart auftreten, sind Versuche im Gange.

Die dieser Prüfstelle angegliederten Werkstätten haben die übrigen Abteilungen der Anstalt durch ihre Mitarbeit unterstützt. Besondere Erwähnung verdient hier der Aufbau zweier Brandhäuser für die Triolin-Linoleum-Brandversuche, bei denen diese Abteilung den gesamten technischen Teil der Versuche übernommen hatte.

Die vorstehenden Ausführungen, die natürlich nur ausschnittweise und in groben Umrissen die Tätigkeit der einzelnen Abteilungen kennzeichnen können, zeigen, wie sehr sich der Kreis der der Reichsanstalt zufallenden Aufgaben erweitert und in welchem Maße die Beanspruchung der Anstalt durch die behördlichen Stellen und die Industrie zunimmt. So sind in den letzten drei Jahren an Aufträgen in der Reichsanstalt erledigt worden:

1923: 338 — 1924: 823 — 1925: 1340.

Dieser Steigerung steht nur eine geringe Personalvermehrung gegenüber. [B 2351]

Elektrizitätswirtschaft

Mit den Gegenwartsfragen und Zukunftsaufgaben in der deutschen Elektrizitätswirtschaft befaßten sich in der Versammlung des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie am 3. Dezember 1926 Reichsminister a. D. H. v. Raumer, M. d. R., und Dir. Dr.-Ing. E. h. R. Werner in ihren Vorträgen. An den allgemeinen Bestrebungen zur Rationalisierung in der deutschen Industrie ist die Elektrizitätswirtschaft weitgehend beteiligt. Von der Möglichkeit, daß billiger Strom in genügender Menge an die Industrie geliefert wird, ist die Mechanisierung der Betriebe und damit die billige Massenfertigung, wie sie für den deutschen Markt angebracht erscheint, stark abhängig. Hier sind nun neben der Elektrotechnik in den letzten Jahren zwei bedeutsame Wettbewerber aufgetreten: die Ferngasversorgung und das Öl. Wenn es wirklich wirtschaftlich möglich ist, wie behauptet wird, den Verbrauchern Gas mit 4000 kcal/m³ für weniger als 0,10 ℳ/m³ zu liefern, demgegenüber 1 kWh mit 800 kcal Wärmewert noch fast überall mehr als 0,10 ℳ kostet, so muß bei den Erzeugern von elektrischem Strom die Frage nach ausreichender und billiger Stromerzeugung besonders stark beachtet werden.

Man muß nun leider feststellen, daß gerade in der Elektrizitätswirtschaft die Vereinheitlichung nicht genügende Fortschritte gemacht hat, und man ist erstaunt, zu hören, daß es gegenwärtig in Deutschland noch etwa 800 verschiedene Stromtarife gibt. Zusammenarbeit der Großkraftwerke würde aber den Ausnutzungsfaktor der Werke wesentlich verbessern. Dadurch könnten die Tarife vereinheitlicht und niedriger gestellt werden, wodurch wieder Anreiz zu vermehrtem Stromverbrauch gegeben wird.

In gewissem Umfang sind solche Bestrebungen zum Zusammenschluß der Elektrizitätswerke bereits durchgeführt worden. So bestehen Stromversorgungsnetze in den Ländern Bayern, Sachsen, Württemberg, Thüringen, Hessen, Ostpreußen, Schlesien, in und bei den Städten Hamburg, Hannover, in der Mark Brandenburg (Elektrowerke) und in Rheinland-Westfalen (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk in Essen, Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen in Dortmund und Kommunales Elektrizitätswerk Mark A.-G. [Kemag] in Hagen). Durch weitere Zusammenfassung und Verkupplung der Kraftwerke durch Fernleitungen für 100 000 V, durch die sich 30 000 bis 50 000 kW bis auf 200 km Entfernung wirtschaftlich übertragen lassen, könnte der Strom mit großen Maschinen erzeugt und die Spitzenbelastungen könnten besser ausgeglichen werden.

Wie sich die Spitzenbelastung in einzelnen Kraftwerken innerhalb der Tages- und Jahresstromabgabe stellt, zeigen Abb. 1 bis 5. Es ist klar, daß je nach der Art der Stromabnehmer die Belastung eines Kraftwerks im Lauf eines Tages oder Jahres verschieden ist. Kennzeichnend für die Tagesbelastung eines Kraftwerks in einem vorwiegend industriellen Gebiet ist Abb. 1, in der die Dezemberbelastung des Kommunalen Elektrizitätswerkes Mark dargestellt ist. Nach verhältnismäßig geringer Nachtbelastung steigt dort bei Beginn der Arbeitszeit um 7 Uhr morgens die

Abb. 1
Tagesbelastung des Kommunalen Elektrizitätswerks Mark A.-G., Hagen i. W., Mitte Dezember 1924.

Die ausgezogene Linie zeigt eine kennzeichnende Industriebelastung, die gestrichelte Linie die mittlere Tagesbelastung.

Abb. 2
Tagesbelastung der Hamburgischen Elektrizitätswerke im Winter und Sommer.
Die hohe Belastung zwischen 4 und 6 Uhr an dem Wintertage tritt besonders stark hervor.

Abb. 5
Zeitliche Ausdehnung der Belastungen des Großkraftwerkes Stettin, A.-G., im Jahre 1925

Belastungslinie steil an, senkt sich in den Frühstücks- und Mittagspausen stark und fällt nach Schichtschluß stetig bis auf die Nachtbelastung ab.

Während nun hier der Unterschied zwischen Winter- und Sommerbelastung nicht sehr groß ist, fällt dies mehr ins Gewicht bei städtischen Kraftwerken, die im Verhältnis mehr Licht- als Kraftstrom zu liefern haben. Die Belastung der Hamburgischen Elektrizitätswerke in Gegenüberstellung von Winter- und Sommerzeit zeigt Abb. 2. Ähnliches zeigen auch Abb. 3 und 4, die ein „Belastungsgebirge" der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke, A.-G. (Bewag), darstellen. Anders wieder ist die Belastung der Kraftwerke in mehr landwirtschaftlich eingestellten Gebieten, wie Abb. 5 für das Großkraftwerk Stettin A.-G. erkennen läßt. Hier wird es besonders deutlich, daß die Höchstbelastung von etwa 20 000 kW im ganzen Jahre nur während ganz kurzer Zeit (im Winter) auftritt. Alle fünf Schaubilder lassen gemeinsam die unerfreuliche Tatsache erkennen, daß die von Mitte November bis Anfang Januar, also 100 bis 180 h im Jahr, auftretende Lichtspitze die Leistung eines größten Maschinensatzes der Kraftwerke voll in Anspruch nimmt. Besonders deutlich tritt dies in dem Belastungsgebirge der Bewag in Erscheinung. Ein solcher Spitzenbetrieb ist aber immer recht unwirtschaftlich, wie aus folgender Überlegung hervorgeht.

Für ein Dampfgroßkraftwerk belaufen sich die Anlagekosten auf etwa 300 ℳ/kW. Für Abschreibung und Verzinsung sollte man 15 vH rechnen. Dann betragen die festen Kosten 45 ℳ/kW im Jahr. Tritt die Höchstbelastung im Winter nur während 200 h auf, so ergibt das schon 22,5 ₰/kWh, bei nur 100 h Höchstbelastungsdauer sogar 45 ₰/kWh, wozu noch 2 bis 5 ₰/kWh Betriebskosten kommen. In einzelnen Fällen kann der Kapitaldienst für Lichtspitzenstrom sogar bis zu 1 ℳ/kWh gehen, wenn nämlich eine Erweiterungsanlage im ersten oder zweiten Jahre von der Spitzenbelastung nur zur Hälfte ausgenutzt wird.

Wie nun diese unwirtschaftliche Belastungsspitze zu meistern sei, erklärten Dr. Werner in seinem Vortrag und Dr. Bannwarth und Dr. X. Mayer in der Aussprache. Danach gibt es für diesen Zweck verschiedene

Abb. 3 und **4.** „Belastungsgebirge" der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke, A.-G. (Bewag).
Das räumliche Gebilde zeigt die Belastung zu jeder Stunde des Jahres 1925. Der Unterschied in der Belastung am ersten und letzten Tage des Jahres ist durch den vermehrten Stromverbrauch verursacht worden.

Abb. 6. Entwurf für eine Wasserkraft-Speicheranlage am Laacher See

Möglichkeiten und Wege. Wie schon eben angedeutet, kann durch Einführung billiger Tarife für zusätzlichen, die Spitze aber nicht vergrößernden Stromverbrauch der Anreiz zu vermehrtem Verbrauch geboten werden, wodurch die Verbrauchspitze auf das Drei- bis Vierfache verbreitert, d. h. die Spitze statt 150 h nun 300 bis 500 h ausgenutzt wird. Die festen Selbstkosten (Abschreibung, Verzinsung usw.) verteilen sich dann auf eine größere Stromlieferung und senken sich für die Kilowattstunde nahezu in demselben Verhältnis, wie die Ausnutzung steigt.

An gewissen Plätzen aber, namentlich in der Industrie, wird es nicht möglich sein, die Verbrauchspitze auf diese Weise zu verbreitern. Dort sind andre Wege einzuschlagen, um die Belastung wirtschaftlich zu decken. Es kommt darauf an, die auf 1 kW Spitzenleistung bezogenen Anlagekosten soweit wie möglich unter 300 ℳ zu senken. Man kann dazu Wärmespeicher (Ruths) verwenden, bei denen sich die Anlagekosten auf 180 bis 200 ℳ/kW stellen, oder billige Spitzenkraftwerke bauen, deren Anlagekosten bei Ausnutzung aller neuesten Erkenntnisse und Fortschritte auf dem Gebiete der Wärme- und Maschinentechnik bis auf die Hälfte der normalen Kraftwerkkosten (also bis auf 150 ℳ/kW) bei Großanlagen gesenkt werden können. Das wird aber wohl nur möglich sein, wenn man Benson-Kessel, die nach Art der Hochöfen mit je einem Kessel für einen Maschinensatz ohne Kesselhaus gebaut werden, und billige Turbinen mit wenigen Rädern, kurzen Wellen und großem Spaltzwischenraum verwendet. Auf sparsame Dampfwirtschaft kommt es ja bei Spitzenkraftwerken weniger stark an, und man kann deshalb die Turbinen mit großem Spalt bauen, da sie dann für schnellen Anlauf besser geeignet sind. Es wurde auch vorgeschlagen, alte, bereits abgeschriebene Werke als Spitzenkraftwerke zu benutzen, in denen sich die Stromerzeugungskosten naturgemäß nur nach den Betriebskosten richten und meistenteils ein annehmbares Maß nicht überschreiten.

Eine weitere Möglichkeit, die Belastungsspitze aufzunehmen, ist in der Verwendung von Verbrennungskraftmaschinen gegeben, die wenige Minuten vor der Überlastung der andern Maschinen in Betrieb gesetzt und sofort nach Aufhören des übermäßigen Stromverbrauchs wieder abgeschaltet werden können. Aber auch hierfür betragen die Anlagekosten heute noch etwa 300 ℳ/kW. Über Bau und Betrieb der 15 000 PS-Dieselmaschine der Hamburger Elektrizitätswerke, die in dieser Weise zur Aufnahme der Belastungsspitze dient, ist in Z. Bd. 70 (1926) S. 818 und 1409 berichtet worden.

Die Möglichkeit, in Sammlern Abfallstrom und Abfallkraft aufzuspeichern und zu Zeiten starker Belastung wieder abzugeben, läßt diese in gewissen Fällen als geeignet zum Spitzenausgleich erscheinen. Akkumulatorenbatterien aufzustellen ist nicht immer vorteilhaft, da sie 400 bis 450 ℳ/kW Anlagekosten erfordern, während ihr Wirkungsgrad 50 vH beträgt. Anderseits ergeben Akkumulatorenbatterien aber den nicht zu unterschätzenden Vorteil, im Augenblick den Strombedarf zu decken; ihre Ladeumformer können als Phasenschieber benutzt werden, und bei Aufstellung der Akkumulatoren in den Schwerpunkten des Verbrauchs spart man Anlagekosten für Kabel und Leitungen. Deshalb ist in vielen Fällen die Aufstellung einer oder mehrerer Batterien von 2000 bis 3000 kW doch wirtschaftlicher als die Beschaffung einer neuen 600 kW-Turbine im Kraftwerk, das oft sehr weit von den Verbrauchsschwerpunkten entfernt liegt.

Günstiger dagegen erscheinen Wasserkraftspeicher, in die aus einem bei einem Dampf- oder Wasserkraftwerk vorbeilaufenden Fluß während der Zeit schwacher Belastung durch Abfallstrom aller Art Wasser hinaufgepumpt wird. Tritt dann die Belastungsspitze auf, so wird das gestaute Wasser zur Stromerzeugung benutzt. Vorhanden sind solche Anlagen u. a. beim Schwarzenbachwerk in Baden[1]) und geplant beim Kommunalen Elektrizitätswerk Mark A.-G., Hagen i. W., bei dem das Wasser aus der Ruhr entnommen, gespeichert und durch die Turbinen wieder in den Fluß zurückgeführt wird. Ein Entwurf für ein ähnliches Speicherkraftwerk am Laacher See für das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk, Essen, ist ausgearbeitet worden, Abb. 6. Dort soll das Wasser aus dem Rhein in den Laacher See, einen Kratersee in der Eifel, der weder Zu- noch Abflüsse hat, hinaufgepumpt werden und durch eine Rohrleitung einem Kraftwerk am Rhein wieder zugeführt werden.

Der Kapitaldienst, für den man wegen der langen Lebensdauer solcher Anlagen nur 9 vH zu rechnen braucht, kann sich bei solchen Speichern einschließlich Maschinen auf nur 1,2 bis 2,5 ₰/kWh stellen, wozu noch 1,5 bis 2 ₰/kWh an Kosten für Betrieb und Pumpenstrom kommen, so daß der Preis für den wiedergewonnenen Strom etwa 3 bis 4,5 ₰/kWh betragen dürfte. Solche Speicherwerke verwandeln also sonst nicht verwertbare Kräfte, die in ungenutzt fortfließendem Wasser bei Wasserkraftanlagen oder in der Wärme der Abgase bei Dampfkraftwerken während der Betriebspausen verloren geht, in kostbaren Spitzenstrom, der für weniger als 5 ₰/kWh zu liefern ist, während er, mit Dampf erzeugt, das Fünf- bis Zehnfache und mehr kostet.

Die neue Richtung in der Elektrizitätswirtschaft sollte demnach das Ziel verfolgen, Abfallkraft, Abfallstrom und Abfallwärme zu speichern und aus den Speichern die Verbrauchspitze zu decken, entgegen dem bisherigen Gebrauch, zur Aufnahme der Belastungsspitze fast durchweg neue Dampfturbinensätze aufzustellen.

Eine wesentliche Vorbedingung zur Zusammenarbeit der Elektrizitätswerke bietet nun aber die Möglichkeit, große Strommengen auf große Entfernungen ohne erhebliche Verluste zu übertragen. Eine Fernleitung von 200 km Länge ist Ende vorigen Jahres vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk nach Mannheim geführt worden. Die Spannung beträgt dort zunächst 220 kV; sie kann später auf 380 kV erhöht werden, ohne daß die Leitungsanlage geändert zu werden braucht. Eine Beschreibung dieser Anlage enthalten die VDI-Nachrichten Nr. 52 vom 29. Dezember 1926[2]). Die Leitung, die später nach Süddeutschland und bis zu den Alpen durchgeführt werden soll, vermittelt dann den Ausgleich bayerischer Wasserkräfte mit rheinischer Braunkohlenenergie und kann auch der Speicherung von Abfallstrom durch Wasserspeicher in großem Umfange dienen.

Mit der Höchstspannung von 380 kV kann man nun wirtschaftlich 1 Mill. kW über etwa 1000 km leiten. Durch Speicherwerke in den Alpen, in Mitteldeutschland und in dem baltisch-uralischen Höhenzug, ferner in den Gebirgen am Rhein können dann die Belastungen der verschiedenen Kraftwerke ausgeglichen werden. Damit wäre dann auch die deutsche Elektrizitätswirtschaft dem Idealzustand näher gebracht, der erreicht sein würde, wenn alle Dampf-, Wasser- und Gaswerke, in denen die bei der Verschwelung von Kohlen abfallenden Gase in elektrischen Strom umzusetzen sein würden, mit annähernd gleicher Belastung den ganzen Tag und das ganze Jahr durchlaufen und die Verbrauchspitzen aller Verteilanlagen aus Kraftspeicherwerken gedeckt werden. [M 122] Is.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f.
[2]) Ein ausführlicher Bericht über die hierbei benutzten Hohlseile wird demnächst in dieser Zeitschrift erscheinen.

RUNDSCHAU

Arbeitsmaschinen

Bestimmung der Leistungsaufnahme von Kreiselverdichtern aus der Wärmebilanz

Die Bestimmung des Energieverbrauches von Kreiselverdichtern setzt Vorversuche über den Wirkungsgrad der Antriebmaschine und der Zwischengetriebe voraus, läßt sich daher häufig garnicht oder nur unter beträchtlichen Schwierigkeiten und Kosten durchführen. Ostertag[1]) hat darauf hingewiesen, daß man die dem Verdichter zugeführte Arbeit aus der Energiebilanz berechnen kann, und auch die Brauchbarkeit dieser Rechnung an Versuchen nachgewiesen. In neuester Zeit ist dieses Verfahren in größerem Umfang in den Lynn-Werken der General Electric Co. benutzt worden[2]). Seine Zuverlässigkeit und seine Grenzen wurden durch sorgfältige Versuche geprüft, bei denen die dem Verdichter zugeführte Arbeit auch unmittelbar aus dem Wirkungsgrad der Antriebsmaschinen ermittelt wurde.

Die Energiebilanz lautet:

$$Q_e = Q_l + Q_w + Q_s + Q_r + Q_v \text{ kcal/h}.$$

Hierbei wird

Q_e dem Verdichter zugeführt,
Q_l von der verdichteten Luft aufgenommen,
Q_w vom Kühlwasser fortgeführt,
Q_s vom Gehäuse durch Strahlung, Leitung und Konvektion verloren,
Q_r von der Lagerreibung verbraucht,
Q_v durch Luftverluste an den Stopfbüchsen fortgeführt.

Die Leistungsaufnahme des Verdichters ist dann

$$N_e = \frac{Q_e}{632} \text{ PS}.$$

Die von der Luft aufgenommene Energie Q_l setzt sich aus der Erhöhung der inneren Energie $U_2 - U_1$, der Volumänderungsarbeit $A P_2 V_2 - A P_1 V_1$ und der Erhöhung der kinetischen Energie $A L \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$ zusammen. Letztere spielt nur bei geringem Verdichtungsverhältnis eine nennenswerte Rolle und verschwindet, wenn die Luftgeschwindigkeit im Saug- und im Druckstutzen gleich groß ist. Sie braucht daher im allgemeinen nicht berücksichtigt zu werden. Somit

$$Q_l = U_2 - U_1 + A (P_2 V_2 - P_1 V_1) \text{ kcal/h}.$$

Da $U + A P V$ gleich dem Wärmeinhalt I der Luft ist, so ist

$$Q_l = I_2 - I_1 = L (c_{p2} t_2 - c_{p1} t_1) \text{ kcal/h},$$

worin

L kg/h das stündlich verdichtete Luftgewicht,
c_{p_1} kcal/kg °C die spezifische Wärme der Luft bei unveränderlichem Druck im Saugstutzen,
c_{p_2} kcal/kg °C desgl. im Druckstutzen,
t_1 °C die Lufttemperatur im Saugstutzen,
t_2 °C die Lufttemperatur im Druckstutzen.

Die der Luft mitgeteilte Energie stellt einen beträchtlichen Teil der gesamten Energieaufnahme des Verdichters (beinahe 100 vH bei ungekühlten, 25 bis 50 vH bei gekühlten Maschinen) dar. Daher ist ihre möglichst genaue Bestimmung notwendig. Die Luftmengen kann man meist mit Stauscheiben oder Pitotrohren messen. Bei der Temperaturmessung ist äußerste Sorgfalt anzuwenden, damit man die richtige Mitteltemperatur des durch die Leitung strömenden Luftgewichtes bekommt. Die spezifische Wärme c_p ist von Druck, Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt abhängig, das Einsetzen des richtigen Wertes ist sehr wichtig[3]). Robinson rechnet im Saugstutzen und Druckstutzen mit dem gleichen Mittelwert der spezifischen Wärme, der sich aus

$$c_p = \frac{c_{p2} t_2 - c_{p1} t_1}{t_2 - t_1}$$

ergeben würde.

Die vom Kühlwasser aufgenommene Wärme ist

$$Q_w = W (t_{w2} - t_{w1}) \text{ kcal/h},$$

worin

W kg/h die stündliche Kühlwassermenge,
t_{w1} °C die Eintrittstemperatur des Kühlwassers,
t_{w2} °C die Austrittstemperatur des Kühlwassers.

[1]) „Kolben- und Turbokompressoren", 3. Aufl. 1923, S. 195.
[2]) M. G. Robinson, „Mechanical Engineering" Bd. 48 (1926) S. 257.
[3]) Wärmetabellen der Phys.-Techn. Reichsanstalt, Braunschw. 1919.

Die Wassermenge W kann man durch Wägen leicht mit der erforderlichen Genauigkeit messen. Die Messung der Wasseraustrittstemperatur erfordert unter Umständen besondere Maßnahmen, wenn der Mittelwert richtig sein soll. Bei Verdichtern mit Wasserkühlung beträgt der Anteil der Kühlwasserwärme rd. 40 bis 80 vH der gesamten zugeführten Energie, und er ist um so größer, je höher das Verdichtungsverhältnis und je größer die Stufenzahl ist.

Die vom Gehäuse durch Strahlung, Leitung und Berührung an die Umgebung abgegebene Wärmemenge ist

$$Q_s = \alpha F (t_g - t_u) \text{ kcal/h},$$

wobei

F m² die wärmeabgebende Oberfläche des Gehäuses,
α kcal/m² h °C die Wärmeübergangzahl durch Strahlung, Leitung und Konvektion zwischen Gehäuse und umgebender Luft,
t_g °C die mittlere Temperatur der Gehäuseoberfläche,
t_u °C die Temperatur der umgebenden Luft ist.

Der Anteil des Gehäuses an der Energieaufnahme ist gering (unter 2 vH bei Vollast). Seine Bestimmung braucht also nicht allzu genau sein. Ein Fehler von 10 vH macht bei Vollast höchstens 0,2 vH, bezogen auf die Gesamtleistung, aus. Bei Teillast wird dieser Einfluß größer, obwohl dann die Gehäusetemperatur sinkt, so daß Q_s kleiner wird. Für die Wärmeübergangzahl gibt Robinson nach Versuchen von L. B. McMillan und eigenen Beobachtungen $\alpha = 9$ bis 15 kcal/m²h °C an, während Ostertag mit $\alpha = 3{,}7$ kcal/m²h °C rechnet.

Die durch Lagerreibung verbrauchte Energie spielt ebenfalls eine sehr kleine Rolle, sie bleibt mit abnehmender Belastung praktisch unverändert und hat daher bei Teillast größeren Einfluß. Sie kann durch besondere Versuche, durch Bestimmung der Ölerwärmung oder nach empirischen Formeln ermittelt werden[4]). Werden die Lager mit Wasser gekühlt, so ist die Lagerreibung in der Kühlwasserwärme Q_w enthalten.

Die durch die Stopfbüchsen verlorengehende Energie beträgt

$$Q_v = L_v c_p (t_v - t_1) \text{ kcal/h},$$

wobei

L_v kg/h das stündlich verlorene Luftgewicht,
t_v °C die Temperatur der verlorengehenden Luft ist.

Der Verlust läßt sich bei den Versuchen durch sorgfältigen Einbau der Stopfbüchsen und dauernde Überwachung klein erhalten. Er kann meist vernachlässigt werden und muß nur bei Hochdruckverdichtern berücksichtigt werden.

Bei den Versuchen von Robinson sind die Maßnahmen zur Erzielung zuverlässiger Temperaturmessungen bemerkenswert. Um die mittlere Temperatur der Luft im Saug- und im Druckstutzen t_1 und t_2 zu messen, hat er elektrische Widerstandsthermometer benutzt. In ein kurzes, zwischen zwei Flanschen der Saug- oder Druckleitung eingesetztes Rohrstück von gleichem Durchmesser wie die Leitung wurde ein senkrecht zur Rohrachse liegendes Gitter aus vier parallelen Stäben von Stromlinienquerschnitt aus keramischer Masse eingebaut. Auf diese Stäbe war der Widerstandsdraht aus Kupfer aufgewickelt. Die Wicklungen aller vier Stäbe waren hintereinander geschaltet. Der Widerstand wurde mit einem Kreuzspulengerät[5]) bestimmt.

Man erhielt so einen guten Mittelwert der Temperatur im Meßquerschnitt. Allerdings muß man beachten, daß diese mittlere Temperatur im Querschnitt streng genommen nur dann die richtige Mitteltemperatur der durch das Gitter strömenden Luftmenge ist, wenn die Geschwindigkeit über den ganzen Querschnitt gleich groß ist[6]). Als weitere Vorsichtsmaßregel wurde der Saugleitung eine Mischvorrichtung vorgeschaltet, die etwaige Temperaturverschiedenheiten in der angesaugten Luft vor dem Auftreffen auf das Meßgitter ausgleicht. Sie besteht aus einem Holzkasten von erheblich weiterem Querschnitt als die Saugleitung, worin die eintretende Luft durch schräge Querwände kräftig durchwirbelt und so auf eine einheitliche Temperatur gebracht wird. Im Druckrohr scheint eine solche Mischvorrichtung nicht vorhanden gewesen zu sein. Hier sorgt jedenfalls schon die Wirbelung der aus den Laufrädern austretenden Luft für eine genügende Durchmischung.

[4]) Lasche, Die Reibungsverhältnisse von Lagern mit hohen Umdrehungszahlen, Z. Bd. 56 (1912) S. 1881.
[5]) Gramberg, Technische Messungen, 3. Aufl. Berlin 1920, S. 380.
[6]) Gröber, Die Grundgesetze der Wärmeleitung und des Wärmeüberganges, Berlin 1921, S. 175.

Die Kühlwassertemperaturen wurden mit Quecksilber-
termometern gemessen. Das eintretende Wasser hat ein-
heitliche und wenig veränderliche Temperatur, hier genügte
er übliche Einbau des Thermometers. Dagegen herrschten
i austretenden Wasser häufig schwankende und wenig ein-
heitliche Temperaturen. Daher wurde in die Austritt-
leitung des Kühlwassers vor dem Thermometer ebenfalls
ene Mischvorrichtung eingebaut, die sich gut bewährte.
Se bestand aus einer plötzlichen starken Erweiterung des
ohres, die sich dann kegelförmig wieder auf den Rohr-
erschnitt verengerte. Die weiteste Stelle war senkrecht
ur Rohrachse durch eine Platte abgesperrt, die am Rande
it einem Kranz kleiner Löcher versehen war. Das Wasser
allt senkrecht mitten auf die Platte, wird nach dem
ande zu umgelenkt, dabei gut durchwirbelt und tritt durch
ie Löcher in einzelnen Strahlen, die sich im kegelförmigen
eil unter vorzüglicher Mischung wieder vereinigen[7]).

Einige Ergebnisse der Versuche enthält die Zahlen-
afel 1.

Zahlentafel 1
Versuchsergebnisse von Robinson

	I					II		III
β	112,8	102,3	90	73,5	109,2	77	100	110
p_2/p_1	1,17	1,17	1,17	1,17	1,25	1,65	1,70	5,91
N_a	208,9	193,4	175,1	148,5	349,8	273,1	330,9	—
N_e	211,6	194,2	173,4	147,4	350,2	278,3	334,1	995
Δ	+ 1,3	+ 0,4	— 1	— 0,7	— 0,2	+ 1,9	+ 1,0	—
q_l	98,5	98,3	98,0	97,7	98,7	51,6	59,5	25,9
q_w	0	0	0	0	0	45,0	37,7	68,9
q_s	1,5	1,7	2,0	2,3	1,3	0,8	0,7	0,6
q_r	—	—	—	—	—	2,3	1,9	4,6
q_v	—	—	—	—	—	0,3	0,2	0

I Einstufiger Verdichter ohne Kühlung, Antrieb durch Elektromotor,
II Mehrstufiger Verdichter mit Wasserkühlung, Antrieb durch Dampfturbine mit Getriebe,
III Mehrstufiger Verdichter mit Wasserkühlung, Antrieb durch Dampfturbine mit Getriebe,
β vH Belastungsgrad,
$\frac{p_2}{p_1}$ Verdichtungsverhältnis,
N_a PS Leistungsbedarf des Verdichters aus dem Wirkungsgrad der Antriebmaschine berechnet,
N_e PS Leistungsbedarf des Verdichters aus der Wärmebilanz berechnet,
Δ vH Fehler $N_e - N_a$ in vH von N_a
q_l „ Energieaufnahme der Luft,
q_w „ Kühlwasserwärme,
q_s „ Wärmeabgabe des Gehäuses,
q_r „ Lagerreibung (einschl. Getriebe),
q_v „ Energieverlust an den Stopfbüchsen,
} in Bruchteilen der gesamten Energieaufnahme.

[7]) Eine ähnliche Vorrichtung hat Pauer mit ausgezeichnetem rfolg benutzt; s. „Die Wärme" Bd. 49 (1926) S. 475.

Zahlentafel 1 zeigt, daß die Abweichung des aus der Wärmebilanz berechneten Energieverbrauches von dem an der Kraftmaschine ermittelten immer unter 2 vH, meist erheblich weniger beträgt. Bei ungekühlten Verdichtern geht fast die ganze zugeführte Energie in der Form von Wärme an die Luft über. Mit abnehmender Belastung nimmt der Einfluß der Wärmeabgabe des Gehäuses (q_s) und der Lagerreibung (q_r) zu. Verdichter III zeigt, daß bei höherem Verdichtungsverhältnis der Anteil der Kühlwasserwärme bei weitem überwiegt. [N 2463]

Dresden Dr. Friedrich Merkel

Umschlaganlagen

Erzverladeanlage in Vigo, Spanien

Die Anlage dient zum Umschlag der in den Gruben von Monforte gewonnenen Erze von der Eisenbahn ins Schiff. Die Eisenbahnwagen werden auf einer 32 m langen zweigleisigen Eisenbetonbrücke bis dicht an die Verladestelle herangebracht, Abb. 1 und 2. 15,25 m unter der Brücke liegt das Erzlager von 20 m Breite, auf das die Erze vom Eisenbahnwagen herabgestürzt werden. Von hier aus gelangen die Erze durch vier Bodenöffnungen auf ein unter dem Lager in einem besonderen Kanal von 3,40 m Breite geführtes Förderband, das sie über eine 60 m lange eiserne Verladebrücke mit anschließender Ablaufrinne nach den Schiffen befördert, s. a. Abb. 3.

Der Aufbau der gesamten Anlage ist aus Abb. 1 bis 4 zu erkennen. Die Eisenbetonbrücke *a*, s. a. Abb. 5, besteht aus zwei je 15 m weiten Öffnungen; die Träger sind auf zwei Eisenbetonrahmen gelagert. Die Füße *b* der Rahmen sind gespreizt gestellt, wodurch man das Fassungsvermögen des Erzlagers *c* erhöht hat. An der Rückseite des trogförmigen Lagers ist eine 12 m hohe Stampfbetonmauer *d* errichtet; die Seitenmauern *e* sind mit Bruchsteinen aus dem Fels, der vor dem Bau der Brücke ausgebrochen werden mußte, bepflastert. Der hintere Teil des Bandkanals *f* ist in den Felsen eingeschnitten, während der vordere Teil freitragend auf einem Stampfbetonpfeiler *g* ruht.

Das Erzlager wird auf der Wasserseite durch eine niedrige senkrechte Wand *h* abgeschlossen, die verhindert,

Abb. 1 und 2
Erzverladebrücke in Vigo, Spanien, Längsschnitt und Grundriß. M. rd. 1:800

a Eisenbetonbrücke *b* Füße der Eisenbetonrahmen für die Brücke *a* *c* Erzlager *d* Stampfbetonmauer *e* Seitenmauern *f* Bandkanal *g* Stampfbetonpfeiler *h* Abschlußwand des Erzlagers nach der Wasserseite *i* eiserne Förderbrücke *k* Eisenbeton-Senkbrunnen

Abb. 3
Erzverladeanlage in Vigo, Spanien, vom Wasser aus gesehen

Abb. 4
Querschnitt durch die Eisenbetonbrücke

Abb. 6
Eisenbeton-Senkbrunnen

a Gewachsener Fels *b* Sand und Kies
c Steinschüttung

Abb. 5
Eisenbetonbrücke zur Entleerung der mit Erz beladenen Eisenbahnwagen

daß Erze auf die eiserne Förderbrücke *i* herabfallen. Diese ruht am Landende auf dem Pfeiler *g*, die Auflagerung am freien Ende im Meer besteht aus drei Eisenbeton-Senkbrunnen *k*, deren Anordnung und Aufbau Abb. 6 zeigt. Die Senkbrunnen wurden auf dem Baugerüst für die Brücke wagerecht liegend unter Verwendung von Schmelzzement in einem Stück betoniert und schon am folgenden Tage mit Hilfe eines 50 t-Schwimmkranes bis auf den gewachsenen Fels gesenkt. Die Brunnen wurden mit einem Greifer ausgebaggert und sodann mit Magerbeton ausbetoniert. Zur Sicherung der Pfeilergruppe dient eine Steinschüttung von rd. 4 m Höhe. Das Brückenauflager besteht aus einem Rahmenwerk von Eisenbetonbalken.

Zum Antrieb des Förderbandes dient ein Motor von 30 PS. Die Anlage leistet 250 t/h. Die Ausführung war der Firma Heinrich Butzer, Dortmund, übertragen, die eiserne Förderbrücke sowie die maschinelle Einrichtung hat die Firma A. Bleichert & Co., Leipzig, geliefert.
[M 2548] Sd.

Elektrotechnik

Normspannungen bei Transformatoren

In vielen Fällen ist es möglich, durch verhältnismäßig leichte Umschaltung das Übersetzungsverhältnis von Transformatoren in gewissen Grenzen zu ändern und somit Transformatoren auch für andre Spannungsverhältnisse zu verwenden als ursprünglich vorgesehen. Man kann deshalb bei der Anschaffung von Transformatoren oft ein genormtes Übersetzungsverhältnis wählen und doch das durch ein bestehendes Netz mit anormaler Spannung geforderte erzielen, wenn man die im allgemeinen geringen Umschaltkosten in den Kauf nimmt. Da die herstellenden Firmen Transformatoren mit genormten Übersetzungsverhältnissen auf Lager herzustellen pflegen, ist die Lieferzeit im allgemeinen wesentlich kürzer und der Preis infolge der Reihenherstellung niedriger. Es ist also nicht nur zum Vorteil der Hersteller, Transformatoren mit genormten Übersetzungsverhältnissen und Leistungen zu verwenden, wo nur irgend möglich, und so eine Zersplitterung der Fabrikation in eine Unzahl von Wicklungsarten zu verhindern, sondern auch die Verbraucher haben Vorteile davon.

Als normale Nennleistungen hat der Verband Deutscher Elektrotechniker für Stromverteilungs-Transformatoren für Drehstrom festgelegt:

5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 640, 800, 1000, 1250 und 1600 kVA.

Die Einhaltung dieser Größen in der Praxis hat sich meistens ohne Schwierigkeiten und ohne Mehrkosten ermöglichen lassen. Ersparnisse durch Wahl einer dazwischenliegenden Leistungsgröße werden durch in diesem Fall erforderliche Neukonstruktion und Sonderanfertigung bestimmt ausgeglichen.

Normale Oberspannungen sind:

3000, 5000, 6000, 10 000, 15 000, 20 000 (letztere vom VDE noch nicht angenommen), 25 000, 35 000 V.

Normale Unterspannungen:

231, 400, 525, 3150, 5250, 6300 V.

Die in Deutschland weitaus gebräuchlichste Unterspannung beträgt zur Zeit 400 V, und zwar bezogen auf den Leerlauf des Transformators, entsprechend 380 V bei Vollast

Verbraucher. Zwischen die Außenleiter werden hierbei die größeren Stromverbraucher und insbesondere alle Motoren geschaltet, während zwischen einen Außenleiter und den Nulleiter gleichzeitig die Beleuchtung mit 220 V angeschlossen wird. Da die Lichtanschlüsse meistens eine ungleiche Belastung der drei Phasen hervorrufen, wird im allgemeinen der Nulleiter für die volle Stromstärke bemessen. Die Transformatoren müssen für diese Betriebsart eine besondere Schaltung erhalten, die die ungleiche Belastung der Unterspannungsseite auf der Oberspannungsseite ausgleicht. Solche Schaltungen sind die Dreieck-Stern- und die Stern-Zickzack-Schaltung.

Die Dreieckschaltung wird dadurch erzielt, daß die Wicklungen aller drei Phasen hintereinander geschaltet werden und somit eine geschlossene Wicklung bilden, Abb. 7 und 8. Die Spannung zwischen den Außenleitern beträgt dann nur noch den $\sqrt{3}$. Teil der Spannung, die sich bei Sternschaltung, Abb. 9 und 10, mit der gleichen Wicklung ergibt.

Die Zickzack-Schaltung wird dadurch erreicht, daß man die Wicklungen eines jeden Schenkels in zwei Hälften teilt und dann die eine Hälfte des einen Schenkels mit einer andern Hälfte des nächsten Schenkels verbindet, Abb. 11 und 12. Der Erfolg ist, daß eine Belastung auf der Unterspannungsseite in einer Phase auf zwei Phasen der Oberspannungsseite übertragen wird.

Im allgemeinen erhalten ferner die Verteiltransformatoren Anzapfungen zur Regelung der Nennspannung meist auf der Oberspannungsseite. Die Normen sehen zwei Anzapfungen von ± 4 vH vor, d. h. drei Spannungsstufen im ganzen.

Aus den zuletzt erwähnten drei Tatsachen ergeben sich verschiedene Möglichkeiten der Umschaltung:

1. Die Umschaltung der Ober- und Unterspannungsseite von Stern in Dreieck oder umgekehrt. Im ersten Falle wird die Spannung im Verhältnis $\sqrt{3} : 1 = 1{,}73 : 1$ herabgesetzt, im zweiten Fall auf das 1,73fache erhöht. Also wenn wir z. B. einen Transformator mit einer Übersetzung von 5000 ± 4 vH/231 V, Schaltung Stern-Stern, auf der Unterspannungsseite in Dreieck schalten, so erhalten wir statt 231 V jetzt 231 : 1,73 = 133 V. Beträgt die Unterspannung dagegen bei Sternschaltung 400 V, so ergeben sich bei Dreieckschaltung 231 V.

2. Die Benutzung der Anzapfungen bei Dreieckschaltung gestattet z. B. folgende Umwandlung. Bei einer Oberspannungswicklung von 10 000 ± 4 vH, die in Stern geschaltet ist, ergeben sich bei Dreieckschaltung 5780 ± 4 vH. Schaltet man den Transformator auf die oberste (+ 4 vH) Anzapfung, so kommt man auf eine Oberspannung von 6000 V. Das gleiche gilt für die Umschaltung von 5000 ± 4 vH Stern-Oberspannung in 3000 V Dreieck-Oberspannung. Von 15 000 V kann man durch dieselbe Schaltung auf 9000 V kommen usw. Die Dreieckschaltung kann natürlich auf der Ober- und Unterspannungsseite gleichzeitig vorgenommen werden, also z. B. 5000 ± 4 vH/231 V Stern-Stern kann umgeschaltet werden auf 3000/133, 2880/133 und 2760/133 V Dreieck-Dreieck.

3. Da die Zickzackschaltung eine Unterteilung der Unterspannungswicklung in zwei Hälften bedingt, kann durch verschiedene Verbindung dieser Hälften miteinander eine andre Unterspannung erzielt werden. Wie bereits erwähnt, ist die Schaltung 400 V-Zickzack allgemein gebräuchlich. Wir nehmen deshalb diese als Beispiel. Schaltet man die beiden Wicklungshälften statt in Zickzack, jetzt p a r a l l e l, so erhält man Sternschaltung und zwischen den Außenleitern 231 V, Abb. 13 und 14. Schaltet man die Wicklungshälften statt in Zickzack jetzt h i n t e r e i n a n d e r in Stern, so erhält man Sternschaltung und die doppelte Spannung, 462 V, Abb. 15 und 16.

Diese drei Schaltmöglichkeiten können nun beliebig vereinigt werden. Hinzu kommt noch folgendes: Man kann den Transformator in gewissen Grenzen auch noch mit niedrigeren Spannungen beschicken als das Übersetzungsverhältnis angibt, d. h. also, man kann dem Transformator auf der Oberspannungsseite z. B. statt 6000 V nur 5000 V zuführen. Dies ist ohne weiteres möglich, jedoch geht hierbei die Leistung des Transformators im gleichen Verhältnis zurück wie die Spannung erniedrigt wird, hier also um rd. 16 vH. Eine geringe Erhöhung der zugeführten Spannung ist meistens ebenfalls zulässig, sofern das Eisen des Transformators nicht zu hoch gesättigt ist. Im allgemeinen ist eine Übermagnetisierung um 5 vH, d. h. also ein Betrieb mit 5 vH höherer Spannung noch möglich. Der Leerlaufstrom und die Leerlaufverluste gehen hierbei ebenfalls in die Höhe.

Hieraus ergibt sich z. B. folgendes: Ein Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis 15 000 ± 4 vH/400 V in Stern-Zickzack-Schaltung kann durch oberspannungsseitige Dreieckschaltung auf 8650 V gebracht werden. Gleichzeitig wird die Zickzackschaltung aufgelöst, die Hälften einer jeden Unterspannungs-Schenkelwicklung werden hintereinander geschaltet und ergeben somit in Sternschaltung, wie bereits oben erwähnt, 462 V.

Wenn man diese jetzt statt in Stern weiter in Dreieck schaltet, so erhält man 462 : 1,73 = 266 V, d. h. wir haben durch diese Umschaltung ein Übersetzungsverhältnis 8650 ± 4 vH/266 V in Dreieck-Dreieck-Schaltung erhalten. Benutzt man jetzt die unterste Anzapfung, — 4 vH, so bekommt man ein Übersetzungsverhältnis 8320/266 V. Führen wir dem Transformator jedoch nur 7000 V zu, so erhalten wir ein Übersetzungsverhältnis von 7560, 7280, 7000/223 V Dreieck-Dreieck bei rd. 16 vH geringerer Leistung.

Wir hätten die Zickzackschaltung auch anders auflösen können, indem wir die Wicklungshälften parallel schalteten und 231 V Stern erhielten. Dann erreichen wir ein Übersetzungsverhältnis von 9000, 8650, 8320/231 V in Dreieck-Stern-Schaltung. Bei Beschickung des Transformators mit 8000 V, erhält man auf der Niederspannungsseite 222 V, bei einem gleichzeitigen Leistungsrückgang von rd. 3½ vH. Wenn ein Parallelarbeiten auf gleiche Sammelschienen mit andern Transformatoren nicht verlangt wird, so können diese Unterspannungen noch Verwendung finden, obwohl sie etwas niedriger als die normalen sind.

Genau wie bei den soeben aufgeführten Beispielen läßt sich noch eine ganze Reihe ähnlicher Umschaltungen herstellen, so daß in vielen Fällen die Verwendung eines Transformators mit normalem Übersetzungsverhältnis möglich ist, wo dies im ersten Augenblick durchaus nicht der Fall zu sein scheint.

Bei der Ausführung der Umschaltung in der Praxis ist folgendes zu beachten:

1. Die Anzapfungen werden meistens am Nullpunkt der Oberspannungswicklung angebracht und durch Umschaltvorrichtungen betätigt. Wird diese Wicklung in Dreieck geschaltet, so können die für Nullpunktschaltung vorgesehenen Umschalter nicht mehr verwendet werden. Der Übergang auf eine andre Spannungsstufe ist nur noch durch Umlöten möglich.

2. Bei Dreieckschaltung der Unterspannungswicklung erhöht sich die Stromstärke in gleichem Maße, wie sich die Spannung erniedrigt, d. h. auf das 1,73fache. Man muß

Vektorbilder — Schaltbilder

Abb. 7 und 8 In Dreieck geschaltete Wicklung

Abb. 9 und 10 In Stern geschaltete Wicklung

Vektorbild — Schaltbild

Abb. 11 und 12 In Zickzack geschaltete Wicklung

Vektorbilder — Schaltbilder

Abb. 13 und 14 In Stern parallel geschaltete Zickzackwicklung

Abb. 15 und 16 In Stern hintereinander geschaltete Zickzackwicklung

also nachprüfen, ob die Ableitungen und die Durchführungsbolzen für die nunmehr auftretende Stromstärke noch ausreichen.

3. Bei der Parallelschaltung von Teilen der Unterspannungswicklung (Auflösung der Stern-Zickzack-Schaltung) ist bei starken Leiterquerschnitten auf die Stromverdrängung Rücksicht zu nehmen, da diese eine wesentliche Erhöhung der Kupferverluste hervorrufen kann. Es kommt hier auf die Wicklungsanordnung des betreffenden Transformators an, die unter Umständen bedingt, daß besondere Maßnahmen ergriffen werden müssen. Falls die Umschaltung also nicht vom Hersteller vorgenommen wird, ist es zweckmäßig, bei vorhandenen Transformatoren die beabsichtigte Änderung durch einen Fachmann prüfen oder ausführen zu lassen.

Auf jeden Fall sollte der Transformator nach der Umschaltung nochmals vollständig geprüft werden, schon um Fehlschaltungen, die unter Umständen zu Kurzschlüssen führen, aufzudecken. Bei Beachtung dieser Punkte dürfte sich jedoch in den meisten Fällen eine willkommene Änderung des Übersetzungsverhältnisses erreichen lassen.

Eichwalde b. Berlin Dipl.-Ing. H. Köstenbaum [M 2680]

Verbrennungskraftmaschinen

Das Arbeitsvermögen der Vorkammer bei kompressorlosen Dieselmaschinen

Dr.-Ing. Modersohn hat in seinem Aufsatz[1]) eine überschlägliche Berechnung der aus der Vorkammer für das Einblasen und die Zerstäubung verfügbaren Energie angestellt und das Ergebnis mit den entsprechenden Werten einer Luftdieselmaschine von gleicher Bremsleistung verglichen. Hierbei wird als Temperatur des ausströmenden Gases, die das spezifische Anfangsvolumen bestimmt, 50 ° angenommen. Das mag für die Luftdieselmaschine zutreffen, gilt aber nicht für die Vorkammermaschine; denn die Temperatur in der Vorkammer ist am Ende der Verdichtung wesentlich höher, nämlich rd. 470 °, wie sich aus dem bekannten Gewicht der Ladung, dem Inhalt der Vorkammer und dem Druck berechnen läßt. Mit dieser Temperatur beträgt das Arbeitsvermögen der Vorkammer rd. 40,6 mkg gegenüber 15,8 mkg bei $t = 50$ °.

Trotzdem ist die der Vorkammermaschine für das Einblasen und Zerstäuben zur Verfügung stehende Energie nicht fast dreimal so groß wie bei der Luftdieselmaschine, wie sich aus dieser Rechnung ergeben würde, sondern erheblich kleiner. Auf die Gründe, warum dieses Berechnungsverfahren einen zu hohen Wert für das Arbeitsvermögen ergibt, kann hier Raummangels wegen nicht eingegangen werden.

Ein verhältnismäßig einfaches und zuverlässiges Verfahren für die annähernde Berechnung des Arbeitsvermögens der Vorkammer kann von dem um 90 ° versetzten Indikatordiagramm hergeleitet werden. Dieses ist in seinem mittleren Teil auf 0,5 vH genau ein Druck-Zeit-Diagramm. Bei dem geringen Druckgefälle ergibt die Berechnung der Geschwindigkeit nach

$$w = \sqrt{2\,g\,(P_r - P_c)\,v_r}\,,$$

worin P_r und v_r Druck und spezifisches Volumen der Gase in der Vorkammer und P_c der Druck im Zylinder zur Zeit z ist, keinen größeren Fehler als 1,5 vH. Das Arbeitsvermögen der Vorkammer ist $E = \int \mathrm{d}\,m\,\frac{w^2}{2}$, wobei $\mathrm{d}\,m = \frac{\mu\,F\,w}{v_c\,g}\,\mathrm{d}\,z$ ist. μ ist ein Ausflußwert, F der Querschnitt der Bohrungen zwischen Vorkammer und Zylinder und v_c das spezifische Volumen der Gase beim Austritt aus diesen Bohrungen. v_r und v_c, die wegen des geringen Druckgefälles nicht sehr verschieden voneinander sind, können als Augenblickwerte nicht ermittelt werden. Sie seien beide gleich v_0 gesetzt, womit das spezifische Volumen in der Vorkammer am Ende der Verdichtung bezeichnet werde; dann ergibt sich

$$E = 4{,}43\,\mu\,F\,v_0^{1/2} \int P^{3/2}\,\mathrm{d}\,z.$$

Den Druckabfall $P = P_r - P_c$ entnimmt man aus dem versetzten Diagramm der Vorkammer- und Zylinderdrücke[2]). Integriert wird über die Zeit des Abblasens der Vorkammer in den Zylinder.

Um den Fehler zu bestimmen, der mit der Annahme $v_r = v_c = v_0$ in die Rechnung eingeht, sei der äußerste Fall angenommen, daß während des Abblasens der Vorkammer im Zylinder noch keine Verbrennung stattfinde und auch die Verdichtung durch den Kolben nicht mehr fortschreite, daß also die Drucksteigerung im Zylinder nur durch die aus der Vorkammer einströmenden Gase erfolge. Beträgt der Enddruck der Verdichtung 33 at und tritt der Druckausgleich nach dem Indikatordiagramm bei 38 at ein, so muß das spezifische Volumen der Gase in der Vorkammer $v = 1{,}35\,v_0$ sein. Der Fehler der Gleichung für E kann also höchstens $\sqrt{1{,}35} - 1 = 0{,}16 = 16$ vH betragen. In Wirklichkeit wird der Fehler noch kleiner, da v allmählich von v_0 auf $1{,}35\,v_0$ zunimmt und im Mittel nur etwa $1{,}24\,v_0$ beträgt.

Die oben angegebene Beziehung ist also verhältnismäßig zuverlässig für die Bestimmung des Arbeitsvermögens der Vorkammer. Für die in Z. Bd. 70 (1926) S. 769 berechnete Maschine ergibt sich $E \approx 13$ mkg; da sich die Fehler zum Teil ausgleichen, so liegt der dort berechnete Wert 15,8 mkg zufällig nicht weit davon. Die daraus gezogenen Schlüsse bleiben also bedingt richtig.

Es scheint aber zweifelhaft, ob man pyrogene Zersetzung heranziehen kann, um die Wirkung der Vorkammer zu erklären. Auf solche Zersetzung kann man nicht schon daraus schließen, daß Vorkammermaschinen auch Treiböle mit hohem Zündpunkt, also vorherrschend aromatische, gut verarbeiten. Nach den Untersuchungen des Kohlenforschungs-Instituts Mülheim über die pyrogene Zersetzung der aromatischen Kohlenwasserstoffe[3]) spalten nämlich aromatische Kohlenwasserstoffe schon bei 750 °C sehr viel amorphen Kohlenstoff ab, der schlecht zündet und nicht leicht rußfrei verbrennt. Daraus muß gerade gefolgert werden, daß keine wesentliche pyrogene Zersetzung stattgefunden hat, wenn aromatisches Treiböl gut verbrannt wird.

Allgemein kann die Dissoziation überhaupt nur dann die Verbrennung fördern, wenn die Reaktionsgeschwindigkeit der Zerfallstoffe bei Oxydation größer ist als die des Ausgangstoffes. Das ist durchaus nicht immer der Fall, zumal nicht bei den meisten ringförmigen Kohlenwasserstoffen. Für die Zündung hat pyrogene Zersetzung kaum Bedeutung, da sie im wesentlichen erst bei Temperaturen erfolgt, die über dem Zündpunkt aller praktisch wichtigen Kohlenwasserstoffe liegen.

Eine Verdampfung von Brennstoff findet sicher statt. Ob aber in solchem Umfang und bis zu einem solchen Zeitpunkte, daß dadurch die Verbrennung günstig beeinflußt werden kann, ist nach den neuesten Untersuchungen von Neumann[4]) nur bei wenigen Bauarten wahrscheinlich.

Es ist wohl nicht möglich, eine für alle Vorkammermaschinen gleichmäßig gültige Erklärung des Arbeitsverfahrens zu geben. Die Mannigfaltigkeit der Formen der Vorkammern zeigt, daß die Konstrukteure den Einflüssen, die die Verteilung und Zerstäubung des Brennstoffs begünstigen, verschiedene Bedeutung beimessen, und der Erfolg dieser Maschinen läßt vermuten, daß bei der einen Bauart die mechanische Zerstäubung durch die aus der Vorkammer ausströmenden Gase vorherrscht, während man bei andern in erster Linie nach teilweiser Verdampfung des Brennstoffes oder nach einem Vorgang ähnlich dem bei den sogenannten Mitteldruck-Glühkopfmotoren strebt.

Unter den gleichen Annahmen, unter denen oben der größtmögliche Wert des spezifischen Volumens der Gase in der Vorkammer berechnet wurde, kann man auch einen Höchstwert für die Temperatur in der Vorkammer und für die darin verbrennende Ölmenge finden. Z. B. steigt die Temperatur nicht über 800 °, wobei nur rd. 6 vH des Brennstoffes in der Vorkammer verbrennen. Diese niedrigen Werte stehen in Einklang mit den niedrigen Wandtemperaturen der Vorkammer, die man beobachtet hat. [N 82]

Danzig-Langfuhr Dipl.-Ing. Karl Wilcken

[1]) „Druckeinspritzung oder Vorkammerverfahren?" Z. Bd. 70 (1926) S. 767.

[2]) z. B. Abb. 4 bis 7 a. a. O.

[3]) Alt, Flüssige Brennstoffe und ihre Verbrennung in der Dieselmaschine, Z. Bd. 67 (1923) S. 686.

[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1074.

Berichtigung

Das Hauptwehr der Wasserkraftanlage Zemo-Awtschaly

In dem Aufsatz in Heft 15 vom 9. April 1927 muß es S. 474 l. Sp. 7. Zeile v. u. heißen: Ferner wurde der durch das Hochwasser weggespülte Dichtungsboden am untern Fangdamm durch eine neue kräftige Lehmschüttung ersetzt. Auf S. 476 r. Sp. 2. Abs. 7. Zeile heißt es richtig: . . . ., der in den untersten Lagen vierfach angeordnet wurde und . . . . [N 328]

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Die graphische Integration. Von Josef Gerstenbrandt. Wittenberg 1926, A. Ziemsen. 135 S. m. 78 Abb. Preis 6 ℳ.

Das Buch behandelt nur die einfachsten graphischen Integrationsverfahren, soweit sie für den Ingenieur in Frage kommen. Der Verfasser geht zunächst von der Konstruktion der Differentialkurve („abgeleitete Kurve") aus und zeigt, wie diese Kurve mit Hilfe eines Strahlenbüschels mit dem Nullpunkt in der Entfernung 1 vom Koordinatenmittelpunkt konstruiert werden kann. Hieraus wird dann als Umkehrung die Konstruktion der Integralkurve entwickelt, der Unterschied zwischen dem Sehnen- und Tangentenverfahren gezeigt und mit Hilfe einer Taylorschen Reihe die Genauigkeit der Annäherung in beiden Fällen untersucht.

Der weitaus größte Teil des Buches ist der Anwendung gewidmet, und zwar werden die in den ersten Kapiteln gefundenen Ergebnisse zur Ermittlung von Flächeninhalten, Momenten, Biegungslinien, Aufgaben der Festigkeitslehre, sowie auch zur Lösung algebraischer Gleichungen verwendet. Das Buch zeichnet sich durch leicht verständliche Ausdrucksweise und klare deutliche Zeichnungen aus und kann deswegen jedem, der sich über die einfachsten Integrationsverfahren schnell unterrichten will, bestens empfohlen werden. [E 193] Dr. R. Slaby

Die Automobiltreibmittel des In- und Auslandes. Von E. Sedlaczek. Berlin 1927, Julius Springer. 247 S. Preis 14,40 ℳ.

Bei dem heutigen Mangel an inländischen Brennstoffen für den immer anspruchsvoller werdenden Kraftwagenverkehr ist die an der Hand der Patentliteratur zusammengestellte Schrift für viele Kreise, namentlich der Forscher, sicher ein wertvoller Behelf. Die Schrift gliedert sich in vier Hauptabschnitte, von denen der erste die deutschen, österreichischen und schweizerischen Veröffentlichungen, der zweite die französischen, der dritte die amerikanischen und der vierte die englischen Patente behandelt. Innerhalb eines jeden Abschnittes ist der Stoff gegliedert in Vorschläge auf dem Gebiete der Kohlenwasserstoffe, der Kohlendestillate, der Alkohole und der durch Schwelung gewonnenen Treibmittel. Die vielfache Aufteilung gleichartiger Verfahren in verschiedene Abschnitte erschwert allerdings die Nachforschung nach bestimmten Verfahren, doch wird diese durch das ausführliche Sachverzeichnis erleichtert, das nach den gleichen Hauptgesichtspunkten in vier Abschnitte gegliedert ist. [E 175] H.

Die wirtschaftliche Fertigung von Motoren und Kraftwagen. Von Curt Hanfland. Berlin 1927, Rich. Carl Schmidt & Co. 1814 S. m. 734 Abb. u. 5 Taf. Preis 45 ℳ.

Das Buch will an der Hand der Fertigung des Kraftwagens einen Überblick über die gebräuchlichsten Bearbeitungsmaschinen für diese Zwecke geben. Es gliedert den umfangreichen Stoff hauptsächlich nach Fertigung der Halberzeugnisse, nach Maschinen für die Fertigbearbeitung und nach Sondermaschinen für bestimmte Kraftwagenteile. Einige allgemeine Bemerkungen über die Ziele des neuzeitlichen Kraftwagenbaues gehen diesen Abschnitten voran, während am Schluß eine Betrachtung über die Einrichtungen für den Zusammenbau des Fahrgestelles und für den Bau von Karosserien angefügt ist.

Bei der Größe des Vorsprungs, den amerikanische Fabriken in der Erzeugung von Kraftwagen erlangt haben, ist es natürlich, daß die abgebildeten Maschinen und Einrichtungen vorwiegend amerikanischen Ursprungs sind; doch hat der Verfasser, wo es angebracht ist, vielfach auch deutsche gleichwertige Einrichtungen berücksichtigt. Nach der Art der Behandlung dürfte das Buch vorwiegend für den Betriebsmann geeignet sein, da es auf die konstruktiven Einzelheiten der beschriebenen Maschinen und Geräte wenig eingeht. Dem Betriebsmanne dürfte es jedoch viele wertvolle Anregungen bieten. [E 174] H.

Elektrische Zündung, Licht und Anlasser der Kraftfahrzeuge. Von E. Seiler. Halle a. d. S. 1926, Wilhelm Knapp. 169 S. m. 232 Abb. Preis 8,80 ℳ.

Eine Zusammenstellung der bekanntesten Einrichtungen für die Versorgung des Kraftwagens mit elektrischem Strom, die über den Rahmen der gemeinverständlichen Beschreibung auch dem Ingenieur etwas bietet, ist heute sehr zeitgemäß. Der Verfasser behandelt zunächst die elektrische Zündung mittels Hochspannungsmagneten und mittels der neuerdings wieder zu Ansehen gelangten Batterie, die Bauart der Zündkerzen nebst den verschiedenen Verfahren zum Verstärken ihrer Wirkung und geht dann zur Besprechung der eigentlichen elektrischen Licht- und Anlasseranlagen über, wobei er die Anforderungen an den Anlaßmotor und an die Lichtmaschine berücksichtigt. Auch der Aufbau dieser elektrischen Maschine, die bekanntesten Anordnungen ihrer Schaltung und die wichtigsten Regelverfahren für das Zusammenarbeiten des Stromerzeugers mit der Batterie werden mitgeteilt.

Im letzten Teil behandelt sodann der Verfasser die Batterie, ihre Arbeitsweise und ihr Verhalten im Gebrauch sowie die wichtigsten Formen der Scheinwerfer mit Rücksicht auf die gesetzlichen Vorschriften im In- und Auslande. Das Buch gibt Auskunft auf viele Fragen, die mit der Gestaltung und mit möglichen Störungen an der elektrischen Anlage des Kraftfahrzeuges zusammenhängen. Die Abbildungen sind mit wenigen Ausnahmen deutlich. [E 172] H.

Isolationsmessung und Fehlerortsbestimmung in elektrischen Starkstromanlagen. Von Karl Wilh. Kögler. 4. Aufl. des von Paul Stern herausg. gleichnamigen Buches. Leipzig 1926, Max Jänicke. 132 S. m. 100 Abb. Preis 4,65 ℳ.

Die verschiedenen Arten der Messungen zur Bestimmung des Isolationswiderstandes und des Fehlerorts werden an der Hand von Schaltskizzen behandelt, die hierfür gebräuchlichsten Meßgeräte mit ihren technischen Besonderheiten (Meßbereiche, Konstanten usw.) werden besprochen. Das Wiedererscheinen des längere Zeit vergriffenen, zum Nachschlagen gut geeigneten Buches ist zu begrüßen. [E 184]

Konjunktur und Eisenbahn-Güterverkehr. Von Dr. P. Krebs. Berlin 1926, VDI-Verlag. 67 S. m. 62 Abb. Preis 4 ℳ.

Die Zeitschrift „Technik und Wirtschaft" betreibt als erste deutsche Zeitschrift bereits seit dem Jahre 1924 planmäßig in jedem Heft Konjunkturforschung, und zwar in engem Anschluß an die von den Vereinigten Staaten von Amerika hierfür eingeschlagenen Verfahren. Neuerdings hat „Technik und Wirtschaft" diesem Teilgebiet der Wirtschaftsforschung ein ganzes Sonderheft gewidmet. Es enthält eine Arbeit von Dr. P. Krebs über die Zusammenhänge zwischen „Konjunktur und Eisenbahn-Güterverkehr" und darf als Fortsetzung des Sonderheftes „Güterumschlagverkehr" der VDI-Zeitschrift angesehen werden.

Die Arbeit von Krebs ist aus zwei Gründen besonders wichtig: Einmal behandelt der Verfasser knapp und übersichtlich und doch umfassend die wichtigsten Konjunkturtheorien der Wirtschaftswissenschaft, zweitens enthält die Arbeit eine solche Fülle von Zahlen über den deutschen Eisenbahn-Güterverkehr, wie sie nur wenige Zusammenstellungen bisher aufweisen können. Einige Übersichten werden hier zum ersten Male der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Der Verfasser zeigt in den beiden gut geglückten Untersuchungen, daß der Eisenbahn-Güterverkehr bei Auswertung nach bestimmten planmäßigen Verfahren sehr gut geeignet ist, der Konjunkturforschung zu dienen. Krebs schlägt zum Schluß vor, die Statistik des gesamten Güterverkehrs auszubauen, und zwar auch des Wasserverkehrs, damit weitere fruchtbare Erkenntnisse gewonnen werden.

[E 235] Dr. Freitag

Alois von Negrelli. Von Alfred Birk. 2. Bd. Wien und Leipzig 1925, Wilhelm Braumüller. 307 S. Preis 6,50 ℳ.

Endlich liegt der zweite Band dieser Lebensbeschreibung[1]) vor. Im Vorwort bemerkt der Verfasser, daß diese Verzögerung auch ihre gute Seite gehabt habe; denn man hätte ihm früher den Einblick in verschiedene amtliche Akten verweigert, die jetzt offen liegen. Dadurch konnte er manches, was sich nur auf Vermutungen stützte, berichtigen.

Der erste Band schloß mit der Entsendung Negrellis nach Italien als Kommissär für die Eisenbahnangelegenheiten. Diese Zeit wird nun ausführlich geschildert; sie schließt mit der Abberufung Negrellis, veranlaßt durch Intrigen. Negrellis letzte Arbeiten bezogen sich auf den Suezkanal, dessen technisches Zustandekommen vor allem mit auf ihn zurückzuführen ist. War er doch einer derjenigen, die feststellen konnten, daß der Kanal ohne Schleusen gebaut werden könne, da sich die noch aus der Zeit Napoleons herrührende Behauptung von einem Höhenunterschied von etwa 9 m zwischen dem Mittelländischen Meer und dem Roten Meer als falsch erwies.

Ein an Arbeit, an Erfolgen, aber auch an Enttäuschungen reiches Leben zieht an uns vorüber. Wir sind dem Verfasser dankbar, daß er auch die rein menschliche

[1]) Vergl. Z. Bd. 62 (1918) S. 375.

Seite dabei betont und uns Negrelli als Familienvater, als treubesorgten Gatten und als Freund kennen lernen läßt. Darüber hinaus bietet das nunmehr vollständig vorliegende Werk einen guten Beitrag zur geschichtlichen Entwicklung der Eisenbahnen und der Verkehrswege.

[E 162] Dipl.-Ing. Carl Weihe

Landmaschinenkunde. Von H. Schwarzer. 3. Aufl. Berlin 1927, Paul Parey. 376 S. m. 345 Abb. Preis 11 ℳ.

Gegenüber der zweiten Auflage, vom Jahr 1921, weist die vorliegende eine erhebliche Vermehrung des Stoffgebietes auf, womit der erfreulichen Weiterentwicklung der Landwirtschaftstechnik Rechnung getragen wird. Vor allem sind die Abschnitte aus der technischen Mechanik und über Kraftmaschinen erheblich erweitert und durch Vermehrung einfacher Rechnungsbeispiele ergänzt worden. Eine völlige Neubearbeitung hat der Abschnitt „Elektrische Kraftübertragung" erfahren. Neu aufgenommen sind Maschinengruppen, die heute besonderes Interesse beanspruchen, wie Maschinen zur Dünnsaat, Saatgutreiniger- und Regenanlagen, Futtersilos, Kältemaschinen und sämtliche Arten von Förderanlagen. Landmaschinennormung und Unfallverhütung sind ebenfalls gebührend berücksichtigt, so daß das Buch neben seiner Hauptaufgabe, beim Landwirt das technische Verständnis zu fördern und zu vertiefen, auch für den Techniker und den Händler, die sich über Landmaschinen unterrichten wollen, voll geeignet ist. Dr. E.

Statische Probleme des Tunnel- und Druckstollenbaues. Von H. Schmid. Berlin 1926, Julius Springer. 148 S. m. 36 Abb. Preis 8,40 ℳ.

Die Frage, wie der Erddruck auf Ingenieurbauten wirkt, ist für den Tunnel- und Druckstollenbau von großer Bedeutung. In der vorliegenden Arbeit werden im Anschluß an die Heimsche Gebirgsdrucklehre der Spannungszustand im ungestörten Gebirge und an Hand der Dehnungsgesetze der Spannungszustand im gestörten Gebirge (auch unter dem Einfluß von Temperaturänderungen) behandelt und Richtlinien für den Stollenbau gegeben.

Erdstatische Berechnungen mit Reibung und Kohäsion (Adhäsion). Von W. Fellenius. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 40 S. m. 27 Abb. Preis 4,20 ℳ.

Kreiszylindrische Gleitflächen wurden bei erdstatischen Berechnungen bereits von K. E. Pettersson und S. Hultin vorausgesetzt, allerdings unter der Annahme, daß nur Reibung in der Gleitfläche herrscht. Im vorliegenden Werk ist das Hauptgewicht auf die Annahme gelegt, daß in der Gleitfläche Kohäsion oder Kohäsion und Reibung wirkt. Das Ergebnis der Untersuchungen wird auf Vorgänge im Gotenburger Hafen angewendet.

Über die geschichtliche Entwicklung der Wollkämmaschine und ihre technologische Arbeitsweise. Von Hans Richard Wolf. Berlin 1927, VDI-Verlag. 104 S. m. 95 Abb. u. 3 Taf. Preis 4,80 ℳ.

Jahrbuch des Reichsbundes Deutscher Technik, Landesgruppe Sachsen 1927. Herausgeg. von Karl Lemberg. Plauen i. V., Verlag für Sport, Technik und Verkehr. 214 S. m. einz. Abb. Preis 2 ℳ.

„Hütte", Des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgeg. vom Akademischen Verein Hütte, E. V. 25. Aufl. 4. Bd. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 864 S. m. zahlr. Abb. Preis 18 ℳ.

Handbuch für Bauingenieure, 3. T., 1. Bd.: **Der Grundbau.** Von O. Franzius. Berlin 1927, Julius Springer. 359 S. m. 389 Abb. Preis 28,50 ℳ.

Monographien des Bauwesens, 5. Ausg.: Die Neubauten der Kliniken und medizinischen Institute der Universität Münster. Bearb. von M. Schindowski und O. Weißgerber. Berlin 1927, Guido Hackebeil. 56 S. m. 100 Abb. Preis 5 ℳ.

Veröffentlichungen der Mittlere Isar A.-G. München, 3. H.: **Die Durchführung der Bauarbeiten beim Ausbau der Wasserkraftanlagen der Mittlere Isar A.-G.** München 1927, Richard Pflaum. 64 S. m. 93 Abb. u. 7 Taf. Preis 3,60 ℳ.

Wasserdurchlässigkeit von Beton. Von Gustav Merkle. Berlin 1927, Julius Springer. 65 S. m. 33 Abb. Preis 5,10 ℳ.

Niederschrift der 10. ordentlichen Versammlung der Oberingenieure des **Zentralverbandes der Preußischen Dampfkessel-Überwachungsvereine** am 30. Juli 1926 in Königsberg i. Pr. Halle a. d. S. 1926, Selbstverlag d. Zentralverbandes. 71 S. Preis 1,75 ℳ.

Niederschrift der Verhandlungen der 43. ordentl. Mitgliederversammlung des **Zentralverbandes der Preußischen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine** am 30. Juli 1926 in Königsberg i. Pr. Halle a. d. S. 1926, Selbstverlag des Zentralverbandes. 52 S. Preis 5 ℳ.

Die Physik 1914 bis 1926. Von O. D. Chwolson. Aus dem Russischen übersetzt von Georg Kluge. Braunschweig 1927, Friedrich Vieweg & Sohn A.-G. 696 S. m. 104 Abb. Preis 38 ℳ.

Lehrbuch der Funktionentheorie. Von Ludwig Bieberbach. 2. Bd.: Moderne Funktionentheorie. Berlin 1927, B. G. Teubner. 366 S. m. 44 Abb. Preis 20 ℳ.

Praktische Rechenbildkunde (Nomographie). Von Fritz Wenner. Aachen 1926, Aachener Verlags- und Druckerei-Gesellschaft. 78 S. m. 30 Abb. Preis 3 ℳ.

Fluglehre. Vorträge über Theorie u. Berechnung der Flugzeuge. Von Richard von Mises. 3. Aufl. Berlin 1926, Julius Springer. 321 S. m. 192 Abb. Preis 13,50 ℳ.

Flug-Modellbau-Unterricht. Herausgeg. von Oskar Ursinus. Frankfurt a. M. 1927, Verlag Flugsport. 50 S. m. rd. 100 Abb. Preis 2,40 ℳ.

The Approach towards a system of imperial air communications. Memorandum by the Secretary of State for air, laid before the Imperial Conference 1926, together with the Report of the Imperial Air Communication. Special Sub-Committee. London 1926, H. M. Stationary Office. 91 S. m. vielen Karten. Preis 6 sh.

Schriften aus Theorie und Praxis der Schmelzschweißung. **Die Gußeisen-Schmelzschweißung.** Von Hans A. Horn. Hamburg 1927, Hanseatische Verlagsanstalt. 94 S. m. 60 Abb. Preis 3,50 ℳ.

Schriften aus Theorie und Praxis der Schmelzschweißung. **Die Eisenblech-Schmelzschweißung.** Von Hans A. Horn. Hamburg 1927, Hanseatische Verlagsanstalt. 88 S. m. 74 Abb. Preis 3 ℳ.

Merkbuch für den Schmelzschweißer 1927. Herausgeg. vom Verband für autogene Metallbearbeitung e. V. Hamburg 1927, Hanseatische Verlagsanstalt. 212 S. m. Abb. Preis 2 ℳ.

Schiffsbergung, Schiffshavarien, Bergung und Hebung von gesunkenen Schiffen. Von E. Grundt, S. I. Lavroff, K. Nechajew. Berlin 1927, R. C. Schmidt & Co. 315 S. m. 167 Abb. Preis 22 ℳ.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 23. APRIL 1927 NR. 17

Werkstoffe

Die Werkstoffe des Hochbaues

Von Regierungsbaurat Dipl.-Ing. Amos, Hohen-Dölzschen vor Dresden

Die im Hochbau gebräuchlichen Werkstoffe werden hinsichtlich ihrer Eigenschaften und der an sie gestellten Anforderungen betrachtet. Zahlenmäßige Gegenüberstellung der tatsächlichen Festigkeitswerte aus Prüfungen und der zulässigen Beanspruchungen nach den Vorschriften der Baupolizei mit Hinweisen auf die bereits durch Normen festgelegten Wertmaßstäbe; auf noch ungeklärte Eigenschaften der Werkstoffe wird hingewiesen. Die wandbildenden Werkstoffe werden nach ihrer Wärmeleitzahl geordnet aufgeführt. Als Forderung an die fortschreitende Technik bleibt die Anpassung der Gütevorschriften an die immer in Fluß bleibenden Ansprüche bestehen.

Noch gilt der alte Dreiklang: Stein, Holz und Eisen, wenn auch die Gewinnung und Herstellungsverfahren, die Verwendungsgebiete und die Anforderungen an die einzelnen Werkstoffe im Laufe der Zeit sich gewandelt haben. Man kann wohl ein Merkmal unsrer Zeit darin erblicken, daß die Veredelungsverfahren wesentliche Fortschritte gemacht haben, erkennbar vielleicht am deutlichsten in der vervollkommneten Verhüttung des Eisens und in der Schaffung neuer Stahlsorten, auch für den Hochbau. Kennzeichen dafür sind ferner die verfeinerte Holzbearbeitung und -verarbeitung bis zu fabrikmäßig hergestellten Wohnhäusern, und nicht zuletzt die Erfindung neuer Baustoffe, wie des Zementes und des Eisenbetons als Verbindung mehrerer Baustoffe zu einem einzigen zwecks gemeinsamer zwangläufiger Wirkung.

Der heutige Baumeister begnügt sich nicht mehr mit den von der Natur dargebotenen Baustoffen und ihrer handwerksmäßigen Gewinnung und Verarbeitung. Die auf allen Seiten weiter entwickelte Technik der Werkzeugherstellung, der Verwendung von Maschinen, der Ausbildung neuer Arbeitsverfahren in Verbindung mit den Ergebnissen der wissenschaftlich chemischen Forschung über den inneren Aufbau der Naturstoffe und seine Beeinflussung haben es dem Baumeister zwar leichter gemacht, für seine Absichten den zweckmäßigsten Baustoff zu finden; bei der Fülle der Neuerungen aber und bei der Vielseitigkeit der verschiedenartigsten Ansprüche ist die Wahl des geeignetsten Baustoffes für einen gegebenen Zweck eine Kunst, die in den meisten Fällen das Heranziehen besonderer Fachleute kaum entbehren läßt. Insofern ist gegenüber früheren Zeiten, in denen der Baumeister schon auf Grund seiner Erfahrungen die für ihn in Betracht kommenden Baustoffe in ihren Eigenschaften genau kannte und kennen konnte, die Anforderung an ausreichende Baustoffkenntnis ganz gewaltig gestiegen. Wenn das sogenannte gefühlsmäßige Beherrschen eines Baustoffes an den alten Baumeistern bewundert wird, so ist zwar heute durch die genauere Baustoffkenntnis, durch die Werkstoffprüfung der Technik für ausreichende zahlenmäßige Unterlagen gesorgt und durch Normung viel Ballast beseitigt, es bleibt dem Bauleiter aber dennoch die Verantwortung für die geeignete und zweckmäßige Wahl und Verwendung der Werkstoffe; er muß daher ihre Eigenschaften und die an sie zu stellenden Anforderungen genau kennen.

Die von der Natur gebotenen Baustoffe werden teils als solche unmittelbar verwendet, teils sind sie Ausgangstoffe für die durch besondere Herstellverfahren erzeugten Baustoffe. Bei diesen Herstellverfahren sowohl als auch in der Industrie überhaupt treten sodann Abfallstoffe auf, die zu Werkstoffen für den Hochbau ebenfalls verwendet werden. In diese drei Gruppen lassen sich wohl alle unsre Werkstoffe zwanglos eingliedern.

Von der Natur gebotene Baustoffe

Soweit natürliche Gesteinarten im Steinbruch gewonnen und im Hochbau verarbeitet werden, spielt ihre Eigenfestigkeit und die für sie zulässige Beanspruchung eine Rolle. Außer stark belasteten Pfeilern und Säulen dürfte aber kaum je die Beanspruchung so groß sein, daß die Verwendung solchen Gesteins wegen unzureichender Tragfähigkeit unterbleiben müßte. Selbst die weichsten Sandsteine zeigen Druckfestigkeitswerte von etwa 300 kg/cm², so daß sie bei normalem Druck unbedenklich Verwendung finden können. Die auftretenden und zugelassenen Beanspruchungen stellen im allgemeinen noch eine 10- bis 20fache Sicherheit dar. Dagegen hat die geringe Biegefestigkeit aller Naturgesteine ihre Verwendung stark eingeschränkt auf Verkleidung als Platten und für Schmuckzwecke. Die früher ausgiebig gebauten Steintreppen sind durch die Eisenbetontreppen, genannt Kunststeinstufen, abgelöst worden, nicht, weil die Tragfähigkeit zu Bedenken Veranlassung gegeben hätte, sondern weil bei Feuersgefahr durch Temperatur- und Wassereinwirkung Zerspringen zu befürchten ist und dadurch das Betreten eines Treppenhauses als des wichtigsten Teiles für Rettungszwecke zur Gefahr wird.

Recht ungleich verhält sich Naturstein gegen Witterungseinflüsse. Die Zerstörungserscheinungen an unsren großen Bauwerken, wie dem Dresdner Zwinger, dem Kölner und Regensburger Dom und anderen, sind als Folge der Verwitterung einzelner Steine oder leider auch unsachlicher Behandlung beim Bau oder nachträglich bei Ausbesserungen aufgetreten. Es ist deshalb erforderlich, die Auswahl der Gesteinbänke, aus denen der zu verwendende Stein stammen soll, besonders sorgfältig zu treffen. Ein weiteres Gebiet ist die Erhaltung solcher Steine und ihr Schutz gegen Verwitterung durch besondere Tränkungsmittel, die der Natur des Gesteins angepaßt sein müssen, wenn sie wirksam sein sollen, und vielfach eine Verkieselung der Oberfläche zur Folge haben.

Ein Hauptbaustoff, unentbehrlich im Hochbau, ist das Holz, im letzten Jahrhundert an vielen Stellen verdrängt durch das billige und nicht brennbare Eisen; aber in seiner Verwendung zu wichtigen Bauteilen neu aufgelebt. Neuartige Holzverbindungen, zweckmäßig erdacht und sorgfältig praktisch ausgeführt, haben seine Verwendung auch zu größeren Tragkonstruktionen wiederum begünstigt. Die Kriegsverhältnisse hatten zur Sparsamkeit genötigt und eine Überprüfung der verlangten Holzstärken und der zulässigen Beanspruchung veranlaßt. Als willkommenes Ergebnis ist zu buchen, daß haupt-

Zahlentafel 1
Festigkeitswerte und zulässige Beanspruchung des Holzes
Gesundes Holz von einwandfreier Beschaffenheit, bezogen auf den ganzen Ausschnitt, also Splint- und Kernholz zusammen

Holzart	Festigkeitswerte im lufttrockenen Zustand				Zulässige Beanspruchung in der Faserrichtung			
	Zug kg/cm²	Druck kg/cm²	Biegung kg/cm²	Scheren kg/cm²	Zug kg/cm²	Druck kg/cm²	Biegung kg/cm²	Scheren kg/cm²
Kiefer	150 bis 1510	225 bis 630	330 bis 1300	200	100	60	100	10
Eiche	225 „ 1680	345 „ 870	600 „ 1400	270	100	80	100	10
Fichte	750 „ 1370	280 „ 580	400 „ 1100	200 bis 260	90	50	90	8
Tanne	110 „ 1180	250 „ 490	600 „ 940	270	80	50	80	8

Das Elastizitätsmaß kann für Zug und Druck im Durchschnitt etwa zu 1:100 000 angesetzt werden.

Zahlentafel 2. Festigkeitswerte des Holzes, abhängig von der Faserrichtung
Zugfestigkeit = 100 gesetzt

Holzart	Zugfestigkeit parallel zur Faser	Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faser	Druckfestigkeit parallel zur Faser	Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faser	Biegefestigkeit rechtwinklig zur Faser	Scherfestigkeit parallel zur Faser	Scherfestigkeit rechtwinklig zur Faser
Kiefer	100	5	30 bis 110	5	50 bis 60	6	32
Eiche	100	10 bis 15	40 „ 50	12 bis 16	60	9	31
Buche	100	4 „ 6	25 „ 35	7 „ 12	30	7	26

sächlich im Wohnungsbau der Querschnitt der Holzbalken einigermaßen vermindert und dadurch ein wirtschaftlicherer Holzverschnitt erreicht wurde.

Wenn man vergleicht, daß in Deutschland jährlich etwa 19 Mill. m³ Schnittholz erzeugt werden gegenüber 3 Mill. m³ Roheisen, dann erkennt man, daß das Holz trotz aller mit ihm in Wettbewerb tretenden Baustoffe eine bedeutende Rolle spielt. Hierbei kommt ihm die einfache und rasche Gewinnung und die leichte, mit den einfachsten Mitteln mögliche Bearbeitung als Werkstoff[1]) zugute. Es ist tragfähig, elastisch und in seiner Lebensdauer unter entsprechenden Bedingungen (z. B. unter Wasser) nahezu unbegrenzt. Auch chemischen Einflüssen gegenüber, die dem Eisen und auch dem Eisenbeton gefährlich werden können, wie Salzen und Rauchgasen, hat Holz eine große Widerstandfähigkeit. Seine geringe Wärmeleitfähigkeit macht es als guten Wärmeschutz allseitig verwendbar.

Die Anforderungen an den Werkstoff Holz haben sich gegenüber früher kaum wesentlich geändert, dagegen sind in der Ausnutzung seiner Eigenschaften einige erhebliche Fortschritte erreicht worden. Hierzu gehört die Verbesserung der Verleimung, die fabrikmäßige Anfertigung von größeren Bautafeln, ganzer Wohnhausteile und dergleichen. Eine wichtige Bedingung für seine Verwendung im Bauwesen ist ausreichende Austrocknung. Frisch gefälltes Holz hat sehr großen Wassergehalt, und zwar etwa 300 kg/m³, also etwa 300 l. Im lufttrockenen Zustand hat Holz noch etwa 2 bis 8 vH Feuchtigkeit. Seine Festigkeit ist stark abhängig von den Wachstumsverhältnissen, also Standort und Klima, und seinem Alter; ferner ist sie sehr verschieden, je nach der Beanspruchung längs oder quer zur Faser, Zahlentafel 1 und 2. Auch im Querschnitt des Stammes sind die Unterschiede in der Festigkeit des noch wasserhaltigen Splints wesentlich verschieden gegenüber dem Kern. Die Zugfestigkeit von Fichte beträgt bei starkem Feuchtigkeitsgehalt etwa nur ein Viertel des vollkommen getrockneten und etwa die Hälfte des lufttrockenen Holzes[2]). Außerdem ist die Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faser nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der Längszugfestigkeit. Die tatsächlichen Werte dieser Zugfestigkeit rechtwinklig zur Faser sind so gering, daß eine solche Beanspruchung überhaupt nicht in Frage kommt.

So wünschenswert es wäre, ähnlich dem Eisen (Stahl) der Hüttenwerke, das in Form von Profileisen und Blechen mit bestimmten, aus Zahlentafeln zu entnehmenden Widerstandsmomenten, in den Handel kommt, auch das Bauholz aus dem von der Natur dargebotenen Rundholz durch entsprechende Zerlegung und Teilung als einen gleichmäßigen Baustoff herstellen zu können, der von den Zufälligkeiten des Naturerzeugnisses möglichst befreit ist, so kann doch nicht damit gerechnet werden, daß dieses Ziel erreicht wird.

Nach Baumann[3]) verhalten sich auch die Druckfestigkeitswerte je nach der Beanspruchung in der Richtung der Sehne des Rundstammes oder in der Richtung des Halbmessers oder schräg zu den Jahresringen verschieden, nämlich für Kiefer, Fichte und Tanne annähernd gleich, u. zw. wie rd. 15 : 9 : 5,5, wenn die Druckfestigkeit in der Faserrichtung gleich 100 gesetzt wird. Bei wichtigen Bauwerken, wie frei tragenden Dachkonstruktionen, muß daher das Holz sehr sorgfältig ausgewählt werden. Um trotz der Ungleichmäßigkeit des Holzes noch genügend Sicherheit zu haben, dürfen gewisse Mindestdicken nicht unterschritten werden. Auch die Durchbiegung solcher Tragglieder muß begrenzt werden. Zweckmäßig sind Belastungsprüfungen bei größeren Konstruktionen, bevor sie das Werk verlassen. Die Ausbildung einer neueren Technik des Verleimens und Verdübelns ermöglicht größere Gleichmäßigkeit der erzeugten Tragglieder und dadurch höhere Festigkeit oder geringere Abmessungen. Über die Abhängigkeit der Festigkeitsverhältnisse von der Faserrichtung gibt Zahlentafel 2 einen Überblick. Die zulässigen Beanspruchungen sind in der Zahlentafel in Mittelwerten angegeben. (Vorschrift des preußischen Wohlfahrtsministeriums vom 24. Dezember 1919.)

Eisen (Stahl)[4]). Die Bestrebungen nach Verminderung des Eisenbedarfs bei Baukonstruktionen konnten nur Erfolg haben, wenn es gelang, die zulässige Beanspruchung dieses Werkstoffes zu erhöhen. Da die Sicher-

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1349.
[2]) Rudeloff, Mitt. a. d. Materialprüfungsanstalt, Berlin 1897, und Janka, Mitt. a. d. Forstl. Versuchswesen Oesterreichs, Wien 1904, Heft XXVIII.
[3]) Forschungsarb. auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 231.
[4]) Eisen wird des in der ersten Zeile dieses Aufsatzes erwähnten Dreiklanges wegen in dieser Gruppe mit betrachtet, obwohl es in der Natur nur als Eisenerz vorliegt und aus ihm erst durch ein sorgfältiges Verhüttungs- und Walzverfahren gewonnen wird.

Zahlentafel 3. Anforderungen an Eisen (Stahl) und seine zulässige Beanspruchung

Bauteile	Gestellte Anforderungen				Zulässige Beanspruchung auf Zug und Druck kg/cm²
	Stahl-(Eisen-) sorte	Mindestfestigkeit kg/cm²	Mindestdehnung vH	Sonstiges	
Eisenbau	St 37	3700	15 bis 25	—	1200 bis 1600
	„ 48	4800	15 „ 25	—	1500 „ 2000
Eisenbetonbau	„ 37	3700	16	Kaltbiegeprobe einwandfrei	800 „ 1200
	„ 48	4800	18	desgl.	1000 „ 1500
Stützen und Auflager	Gußeisen	—	—	mit Meißel und Feile bearbeitbar	Druck: 500 bis 1000

heit einer Eisenkonstruktion durch die Streckgrenze des verwendeten Eisens bedingt ist, die für das übliche Flußeisen bei etwa 2400 bis 2700 kg/cm² liegt, war dieses Ziel bei gleicher Sicherheitszahl nur durch Heraufrücken dieser Grenze erreichbar.

Der kohlenstoffreichere Stahl, St 48, ist ein solcher Baustahl. Die Bezeichnung Stahl ist eine Anlehnung an die in den Ländern englischer und französischer Zunge schon immer gebräuchliche Benennung; das bisher übliche Handelsflußeisen heißt jetzt St 37 [4a]). Nach der Zerreißfestigkeit mit 3700 und 4800 kg/cm² (bis 5800) sind die beiden Stahlsorten benannt. Die für St 48 zulässige Beanspruchung ist das 1,3fache der für St 37 zulässigen.

Baustahl St 48 ist mit den größten Erwartungen in die Praxis eingeführt worden. Seine Verwendung beschränkt sich aber vorläufig auf den Brückenbau. Im Hochbau selbst ist aus seiner Verwendung nur dann ein Vorteil herauszuholen, wenn die Bauhöhe entsprechend der vermehrten zulässigen Beanspruchung erhöht wird, weil das Elastizitätsmaß für St 37 und St 48 gleich groß mit 2 100 000 kg/cm² angesetzt werden muß und sich dadurch die Formänderungen für beide Stahlsorten bei den Trägern gleich groß ergeben. Es würde also andernfalls bei Verminderung des Querschnitts die Durchbiegung eines Trägers entsprechend der größeren Beanspruchung vergrößert werden, was nach den Vorschriften nicht gestattet ist. Eine Einführung des Baustahles in den allgemeinen Eisenbau und in den Hochbau ist auch zur Zeit noch von weiteren Erwägungen nach Durchführung neuer Versuche abhängig und auch von der praktischen Lösung der Frage der eindeutigen Unterscheidung der beiden Stahlsorten St 37 und St 48 durch eine besondere Kennzeichnung schon im Walzwerk.

Dagegen ist voraussichtlich im Eisenbetonbau vom St 48 ein Vorteil zu erwarten, der in geringerem Querschnitt der Bewehrungsstäbe liegt. Es tritt hier eine Verminderung des Eisenquerschnitts etwa im umgekehrten Verhältnis der Erhöhung der zulässigen Eisenspannung ein. Freilich ist die Frage des frühzeitigeren Auftretens der ersten Risse im Beton noch durch die im Dahlemer und Dresdner Materialprüfungsamt im Gange befindlichen Versuche zu klären. Diese Versuche sollen auch darüber Aufschluß geben, ob die erhöhten zulässigen Beanspruchungen bis zu 1500 kg/cm² für St 48 nur in Verbindung mit Beton aus hochwertigem Zement gestattet bleiben sollen. Zur Zeit sind sie nur bei Platten im Hochbau zugelassen. In DIN 1000 sind die Anforderungen und die zugehörigen Prüfverfahren niedergelegt, die als Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenbauwerken gelten sollen. Zahlentafel 3 enthält einen Überblick über die Anforderungen und die zulässige Beanspruchung.

K i e s s a n d in natürlicher Ablagerung ist in dem Zeitalter des Eisenbetons ein von der Natur dargebotener Werkstoff von nicht minder großer Bedeutung als die genannten, wenn er auch nicht als selbständiger Werkstoff angesehen werden kann. Erst im Laufe der letzten Generation ist aus den Ergebnissen der umfangreichen Untersuchungen an deutschen und ausländischen Materialprüfanstalten in Verbindung mit praktischen Ausführungen erkannt worden, welcher Wert einem Kiessand für unser Bauwesen zukommt, der einwandfrei hinsichtlich seiner chemischen Einflüsse für die Herstellung von Beton und in seinem Aufbau, d. h. in den Anteilen seiner Korngrößen in erwünschtem Maß abgestuft ist. Leider wird die Wichtigkeit dieser Erkenntnis noch immer unterschätzt. Die Anforderungen, die an einen guten Kiessand gestellt werden müssen, sind also

1. Reinheit der Ablagerung, d. h. keine Verunreinigungen,
2. ein möglichst dichtes Gemenge infolge seiner eigenen Kornabstufungen,
3. eine möglichst geringe Gesamtoberfläche der Körner, damit mit der geringsten Menge an Bindemittel die gewollte Festigkeit des Betons erreicht werden kann.

[4a]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1341.

Weiterhin kommt der Art und Form des Kornes ebenfalls Bedeutung zu, sie ist aber im allgemeinen zweiten Grades. Rauhe Körner sind günstiger als glatte, runde. Aus diesem Grunde ist der Quetschsand und Steinschlag, also aus Naturstein gebrochener Zuschlagstoff, vorausgesetzt, daß die einzelnen Körner nicht zu langsplitterig sind und man ihn nach den gleichen Gesichtspunkten zusammensetzt, besonders geeignet, einen dichten und festen Beton zu ergeben. In der Praxis werden am besten beide Zuschlagstoffe zusammen in einem bestimmten Verhältnis verwendet und dabei nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und nach örtlichem Vorkommen verfahren. Immer bleibt die Forderung: ein dichtes Gemenge mit der geringsten durch das Bindemittel zu verkittenden Oberfläche. Richtlinien über die Auswahl sind in DIN 1048 gegeben.

Während aber bisher die Sand- und Kieswerke sich zu einer Gewährleistung bestimmter Zusammensetzung ihres Kiessandes kaum bereitfinden ließen, wird es in Zukunft nicht mehr zu umgehen sein, auch zu einer Veredelung dieses Werkstoffes zu kommen. Voraussetzung ist zunächst einmal eine Begriffsvereinheitlichung, die durch verschiedene Bedeutung der gleichen Bezeichnung in den Landesteilen sehr erschwert wird, aber unbedingt durchgeführt werden muß. Hierzu werden die in Vorbereitung befindlichen Normen für Siebe einen ersten Schritt bringen. Wenn auch örtliche Gepflogenheiten bestehen bleiben können, so soll doch möglich werden, Kiessand (und Quetschsand) bestimmter Körnung innerhalb der durch die praktischen Verhältnisse gegebenen Fehlergrenzen für die Herstellung von Beton geliefert zu erhalten. In gleicher Weise würde allgemein Zuschlagstoff zu normen sein. Das Ziel erscheint gegeben, wenn es auch wohl nur langsam aus der Notwendigkeit der Baubedürfnisse heraus angenähert erreicht werden wird.

Durch besondere Herstellverfahren erzeugte Baustoffe

Zuschlagstoffe werden erst durch das B i n d e m i t t e l zu einem für Bauzwecke zu verwendenden Werkstoff. Das vorzüglichste Bindemittel ist der Z e m e n t. Er gehört bereits in die große Gruppe der durch besonderes Herstellverfahren erzeugten Werkstoffe. Die Anforderungen, die an Portlandzement zu stellen sind, enthalten die „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement". In Frage kommen für Eisenbetonbauten nach den amtlichen Vorschriften nur folgende drei Zementsorten:

Portlandzement,
Eisen-Portlandzement und
Hochofenzement.

In den neuen amtlichen Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton[5]) ist noch der Tonerdezement genannt, für den also etwa die gleichen Zulassungsbedingungen in Frage kommen. In den Anforderungen, die an diese drei Zementsorten nach den Normen gestellt werden (der Tonerdezement, auf elektrischem Wege erbrannt und kostspielig, kommt vorerst für eine umfangreiche Anwendung nicht in Frage), gibt es keinen Unterschied. Dagegen sind die besonderen Eigenheiten für ihre Verarbeitung wichtig und zu beachten. Gerade aus Unkenntnis darüber ist schon manches Bauwerk nicht gelungen.

Im Vergleich zum Portlandzement, der am bekanntesten ist und als Vergleichsmaßstab gewählt werden kann, ist zu beachten, daß Eisenportlandzement etwas größere Widerstandfähigkeit gegen Seewasser aufweist und angriffshärter wegen seines geringeren Kalk- und größeren Kieselsäuregehaltes ist. Hochofenzement verhält sich etwa ähnlich aus den gleichen Gründen, hat aber etwas längere Abbindezeit. Beton aus Hochofenzement muß besonders in der ersten Stufe der Erhärtung ausreichend feucht gehalten werden.

Ein Werkstoff der neuesten Zeit ist der sogenannte hochwertige Zement, besser genannt frühhochfester Ze-

[5]) Z. Bd. 70 (1926) S. 156.

ment, weil er rasch eine solche Festigkeit erreicht, wie sie der übliche Portlandzement erst in etwa 28 Tagen zeigt. Hauptsächlich verwendet für schnell fertig zu stellende Bauten, wirtschaftlich von Vorteil für die Wiederverwendung der Holzschalung, für die rasche Inbetriebnahme von Brücken und Industriebauten. Der Preis beträgt etwa das 1,25fache des Handelszementes. Amtliche Normen sind noch nicht endgültig vereinbart, die verlangten Festigkeiten aber für Eisenbetonbauten schon in DIN 1048 festgelegt. Auf einen Irrtum muß hingewiesen werden, dem man häufig begegnet: als ob hochwertiger Zement ein Schnellbinder wäre. Dies ist keineswegs der Fall; seine Abbindeverhältnisse sollen nicht andere als die normenrechten sein. Jeder Zement, der früher als nach Verlauf von 1 h abzubinden beginnt, wird als Schnellbinder angesehen und darf für Bauzwecke nicht verwendet werden. Einen Überblick über die Anforderungen an die verschiedenen Zementsorten gibt Zahlentafel 4.

Zahlentafel 4. Anforderungen an verschiedene Zementsorten

Zementart	Zugfestigkeit im Alter von 3 Tg. kg/cm²	7 Tg. kg/cm²	28 Tg. kg/cm²	Druckfestigkeit im Alter von 3 Tg. kg/cm²	7 Tg. kg/cm²	28 Tg. kg/cm²
Handelszement: Portlandzement, Eisenportlandzement, Hochofenzement	—	12	—	—	120	250
Frühhochfester Zement, sogen. hochwertiger Zement	25	—	35 (45)*)	250	—	450 (500)*)

*) Die Klammerwerte entsprechen den neuen Vorschlägen zur Normung.

Hierzu möge noch bemerkt werden, daß die Bezeichnung hochwertig nicht glücklich ist. Man stößt schon hie und da auf die Bezeichnung hochwertiger Beton und glaubt dabei wohl, daß ein solcher Beton nur mit hochwertigem Zement hergestellt werden könne. Demgegenüber muß deutlich herausgesagt werden, daß hochwertiger Beton selbstverständlich auch bei Verarbeitung des üblichen Zementes erreicht werden kann. Die Hochwertigkeit von Beton liegt auch nicht etwa in jedem Fall in der Höhe der Druckfestigkeit.

Mit Recht kann man in der Vereinigung der Werkstoffe Eisen, Zuschläge und Bindemittel zu Eisenbeton einen neuen Werkstoff sehen, weil er wiederum besonderen Anforderungen unterliegt, die er erfüllen muß. Dieser Werkstoff, der wohl oft als vorbildlicher Baustoff unserer Zeit bezeichnet worden ist, eignet sich für alle Bauten: Tief- und Hochbau, Wasser- und Brückenbau, Haus- und Industriebau. Wohl seine wichtigste Eigenschaft ist der Rostschutz des Eisens und die Vermeidung des Auftretens von Rissen im Beton. Weiterhin soll eine gewisse Widerstandfähigkeit gegen äußere, insbesondere auch chemische Einflüsse vorhanden sein.

Die Anforderungen, die hierbei an das Eisen zu stellen sind, ergeben sich aus Zahlentafel 3; für den Beton ist in der Hauptsache seine Druckfestigkeit maßgebend, wenn auch eine gewisse Zug- und Scherfestigkeit von ihm verlangt wird. In den amtlichen Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Eisenbeton (DIN 1045) und aus Beton (DIN 1047) sind die Anforderungen zahlenmäßig niedergelegt und die dabei zugelassenen Beanspruchungen. Der Nachweis ausreichender Festigkeitseigenschaften richtet sich hierbei nach den Bestimmungen für Druckversuche an Würfeln bei Au führung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton (DI 1048). Einen Überblick über geforderte Mindestdruc festigkeit des Betons und zugelassene Beanspruchung gi Zahlentafel 5; unterschieden ist zwischen reinem Stamp beton und Beton, der für Eisenbetonbauteile verwend wird. Außerdem sind Anforderungen und Beanspruchu auch abgestuft nach der Verwendung von Handelszeme und hochwertigem Zement.

Neben dem bedeutsamsten Bindemittel Zement dürf Kalk und Gips nicht unerwähnt bleiben, die wichti Werkstoffe des Hochbaues seit alters her sind. Ih Eigenschaften und die an sie gestellten Anforderung sind in Zahlentafel 6 mit denjenigen des Zementes b trachtet. Weiter soll die Zusammenstellung auch d Bedeutung der kieselsäurereichen Bindemittelzuschlä kennzeichnen, anderseits aber auch die scharfe Tre nung zwischen ihnen als nicht aktiven, d. h. nicht sel ständigen, Werkstoffen und den eigentlichen Bindemitte erkennen lassen.

Die im Feuer erzeugten Baustoffe, s weit sie nicht Verbindungsbaustoffe, d. h. Kittstoffe, w Zement, Kalk usw. sind, werden am besten in ein Gruppe betrachtet, die in der Regel die künstlichen Ba steine zusammenfaßt.

Der Backstein, Ziegel oder Mauerziegel, als Hau vertreter dieser Gruppe, ist im letzten Jahrzehnt se viel und immer wieder ausgiebig behandelt worden, s es, daß er auf dem Baumarkt in ausreichenden Meng fehlte, sei es, daß er im Übermaß angeboten oder daß als zu teuer und überholt hingestellt wurde. Er le jedenfalls weiter und sogar neuerdings in ansehnlich Großbauten wieder bevorzugt. Über die an ihn zu st lenden Anforderungen herrscht wohl im allgemein Klarheit und auch darüber, daß dieser Werkstoff sie e füllen kann. Aber gerade der Mauerziegel in seiner zw überall gleichartigen Erzeugung nach jahrhundertelang Überlieferung ist so recht ein Beispiel dafür, wie ve schieden die Erzeugnisse trotzdem in ihren Eigensch ten sein können, weil der Einfluß der Rohstoffe und d Brennbedingungen dabei ausschlaggebend ist. In DIN 1 sind vier Sorten Mauerziegel angeführt und damit ei Klasseneinteilung mit bestimmten Unterscheidungsmer malen geschaffen und als Wertmesser die Druckfesti keit gesetzt, die jederzeit leicht nachprüfbar ist.

Klinker mit einer Mindestdruckfestigkeit von 350 kg/cm
Hartbrandziegel mit einer „ „ 250 „
Mauerziegel 1. Kl. mit einer „ „ 150 „
„ 2. „ „ „ „ „ 100 „

Es wird dem Mauerziegel sehr zum Vorwurf gemach daß er seit ewigen Zeiten noch das handliche Form hat. Im Reichsformat 25 × 12,5 × 6 cm sind seine A messungen genormt. Alle Vorschläge zu einer Abänd rung scheitern vor allem daran, daß der Maurer in d Lage sein muß, mit einer Hand den Stein ohne übe mäßige Kraftanstrengung aufzunehmen und zu verlege Deshalb ist die Herstellung von Ziegelhohlblöcken größ ren Ausmaßes erdacht worden. Sie gestatten jedenfal einen rascheren Baufortschritt und haben außerdem b

Zahlentafel 5. Anforderungen an Beton und seine zulässige Beanspruchung

	Geforderte Mindestdruckfestigkeit $W_{e\,28}$*)	$W_{b\,28}$*)	Zugelassene Druck-beanspruchung kg/cm²
Stampfbeton	5 faches der zugelassenen Beanspruchung	3 faches der zugelassenen Beanspruchung	$\frac{W_{e\,28}}{5}$, $\frac{W_{b\,28}}{3}$ aber < 50
Eisenbeton bei Verwendung von Handelszement	200	100	30 bis 50
bei Verwendung von hochwertigem Zement	275	130	40 „ 60

*) $W_{e\,28}$ = Würfelfestigkeit erdfeuchten Betons nach 28 Tagen
$W_{b\,28}$ = Würfelfestigkeit von Beton in der gleichen Beschaffenheit, wie er im Bauwe verarbeitet wird, nach 28 Tagen.

Zahlentafel 6
Bindemittel und Zuschläge (Eigenschaften und Anforderungen)

Werkstoff	Bindemittel: Zement	Bindemittel: Kalk – Luftkalk, nicht hydraulisch	Bindemittel: Kalk – Wasserkalk, stark hydraulisch	Bindemittel: Gips – Stuckgips	Bindemittel: Gips – Estrichgips	Zuschläge zu Zement und Kalk mit aufschließbarer Kieselsäure, Traß, Thurament, Silizium u. a.
Eigenschaften	selbständig erhärtend, hydraulisch, fein gemahlen, hohe Druckfestigkeit	an der Luft erhärtend	unter Wasser und selbständig erhärtend	erbrannt bei 120 bis 180° schnell abbindend	erbrannt bei 900 bis 950° langsam abbindend	festigkeitsteigernd, dichtend
Anforderungen im allgemeinen	nicht treibend, nicht schnellbindend, Mindestfestigkeit nach DIN 1048	Ergiebigkeit und Festigkeit		Feinheit der Mahlung		Feinheit der Mahlung
Zugfestigkeit	Handelszement: 7 Tage 12 kg/cm² hochwertiger Zement: 3 Tage 25 kg/cm² 28 „ 35 „	28 Tage 12 kg/cm²	28 Tage 8 kg/cm²	1 Tag 8 kg/cm² 7 Tage 16 „		—
Druckfestigkeit	Handelszement: 7 Tage 120 kg/cm² 28 „ 250 „ hochwertiger Zement: 3 Tage 250 kg/cm² 28 „ 450 „	28 Tage 6 kg/cm²	28 Tage 12 kg/cm²	—		—

geeigneter Form und unter gewissen Voraussetzungen hinsichtlich eines zweckmäßigen Verbandes im Mauerwerk noch den Vorzug größeren Wärmedurchgangwiderstandes als eine Vollmauer der gleichen Dicke.

Die Anforderungen an solche Hohlblöcke können bei der Verschiedenheit ihrer Form und Größe nicht vereinheitlicht werden. Während man bei den üblichen Mauerziegeln die Mauerbeanspruchung auf Grund der Erfahrungen auf die Ziegelfestigkeit, wie sie in DIN 105 festgesetzt ist, gründen kann, muß hier die Mauerwerkfestigkeit an eigens hergestellten Wandkörpern nachgewiesen werden, damit die zulässige Beanspruchung für die auftretenden Lasten berechnet werden kann. Als zulässig gilt $^1/_4$ der nachgewiesenen Mauerfestigkeit.

In der Industrie werden Schamottesteine[6]) sehr viel verwendet, die außer einer einigermaßen ausreichenden Druckfestigkeit besonders einen entsprechend hohen Widerstand gegen Erweichung bei hohen Temperaturen aufweisen sollen, der unter Druckbeanspruchung der Proben bestimmt wird.

Zu der Gruppe der Ziegel ist auch der Kalksandstein zu rechnen, der zwar nicht im Feuer hergestellt wird, aber wenigstens unter Dampfdruck erhärtet. Auch für ihn gelten im allgemeinen ähnliche Anforderungen wie für Mauerziegel; in DIN 106 ist der Kalksandstein genormt, zunächst aber nur mit einer Druckfestigkeit von 150 kg/cm², entsprechend dem Mauerziegel 1. Klasse. Kalksandhartsteine, entsprechend der Klasse der Hartbrandziegel, sind vorläufig nur von einem einzigen Werk versuchsweise hergestellt worden.

Zu den künstlichen Bausteinen gehören außer den feuererzeugten auch die auf kaltem Wege hergestellten. Als erster Vertreter dieser Gruppe müßte eigentlich der Betonstein genannt werden, doch wird nach den vorangegangenen Betrachtungen Beton mehr als eigener Werkstoff aufzufassen sein, der zur Anfertigung ganzer Bauteile dient. Zu nennen wären hier als Bausteine solcher Art die sogenannten Zementmauersteine aus Zement und Sand, für untergeordnetere Zwecke geeignet. Ferner findet Zement in Verbindung mit geeigneten Zuschlagstoffen, wie Bims und Kohlenschlacke zur Herstellung von Mauersteinen Verwendung, die bei sachgemäß ausgeführter Arbeit in ihren Eigenschaften gut brauchbare Werkstoffe für den Hochbau darstellen und umfangreich verwendet werden. Die Hauptanforderungen an solche Steine und ihre zulässige Beanspruchung im Mauerwerk in ihrer Abhängigkeit vom Mörtel sind in Zahlentafel 7 aufgenommen, die diesen Überblick auch für die im Feuer erzeugten Bausteine (Mauerziegel) enthält.

[6]) Z. Bd. 70 (1926) S. 408.

Zahlentafel 7
Anforderungen an Mauersteine und die zulässige Beanspruchung von Mauerwerk

Art der Mauersteine	Gestellte Anforderungen: Mindestfestigkeit kg/cm²	Gestellte Anforderungen: Wasseraufnahme vH	Gestellte Anforderungen: Frostbeständigkeit	Zulässige Druckbeanspruchung im Mauerwerk: bei einer Mörtelsorte aus	Zulässige Druckbeanspruchung im Mauerwerk: kg/cm²
Schwemmsteine und Hochofenschwemmsteine	15	keine Festlegung	nicht gefordert, dafür wasserdichter Schutz der Außenwände	Kalkmörtel	3
Schlackensteine und porige Ziegel	20			„	3 bis 6
Mauerziegel 2. Klasse und Mörtelsteine	100	>8	verlangt	„ 1 : 3	7
Mauerziegel 1. Klasse und Kalksandsteine	150	>8	„	„ 1 : 3	10
				Zementmörtel 1 Z + 2 K + 8 bis 12 S	14
				1 + 2 + 8	18
Hartbrandziegel und Kalksandhartsteine	250	<8	„	1 + 3 bis 4 + 10 bis 12	14
Klinker	350	<5	„	1 Z + 3 S	15 bis 35
				1 Z + 3 bis 4 K + 10 bis 12 S	18

Abb. 1
Wandbildende Werkstoffe des Hochbaues, geordnet nach ihrer Wärmeleitzahl und ihrem Raumgewicht

a Gewicht einer 6 cm dicken Wand in kg/m²
b Raumgewicht in kg/m³ *c* Wärmeleitzahl λ in kcal/m²h °C

Aus Abfallstoffen erzeugte Werkstoffe

Werkstoffe des inneren Ausbaues. Soweit andere als die bereits betrachteten Werkstoffe benutzt werden, sind sie eine Vereinigung verschiedener Stoffe und teilweise auch Abfallstoffe bei der Verarbeitung anderer Baustoffe oder aus besonderen Industriezweigen. Hierher gehören Leichtplatten, die als Zwischenwände und als Verkleidung für Wärmeschutz und für Feuerschutz verwendet werden. Am bekanntesten sind Gipsdielen; es liegt aber eine Reihe von neuartigen Erzeugnissen vor, die den gestellten Anforderungen entsprechen, wie Tektondielen und Heraklithplatten, bei denen grundsätzlich großporenschaffende Holzwolle mit verkieselndem Bindemittel zu plattenförmigen Bautafeln verarbeitet wird, die sich mit der Säge schneiden lassen und Wärmeleitzahlen von etwa 0,1 bis 0,15 aufweisen. Sie verhalten sich in dieser Hinsicht sonach günstiger als Holz mit $\lambda = 0{,}15$ bis 0,2 und kommen sogar dem Kork nahe, bei gleichzeitig feuerhemmenden Eigenschaften. Zu nennen sind hier auch Torfoleumplatten[7]). Durch geeignete Vorbehandlung und Verpressen mittels Bindemittel wird hier Torf nutzbar gemacht und zu Platten von ausgezeichneter Wärmeschutzwirkung bei großer Leichtigkeit verarbeitet. Ihre Wärmeleitzahl ist zu 0,04 nachgewiesen; vergleichsweise hat Holz im Mittel 0,2 und Korkschrot, unser bester Isolierstoff, 0,029 bei etwa der gleichen Temperatur.

Im Steinholz liegt ein Werkstoff vor, der zunächst mit Stein nichts zu tun hat, vielmehr dem Holz ähnliche Eigenschaften hat und hauptsächlich zu Fußbodenbelag verwendet wird. Er hat sich als Fertigerzeugnis recht gut bewährt, wenn auch in einzelnen Fällen Mißerfolge eingetreten sind, weil seine Bewährung vor allem von den Eigenschaften der Rohstoffe und davon abhängt, daß sie sachgemäß verarbeitet werden. Die Anforderungen an Steinholz sind ausreichende Härte der Oberschicht, mäßiges Schwinden und Quellen. Die Normung bestimmter Gütewerte ist im Gange.

Glas[8]) als Werkstoff des Hochbaues wird neuerdings von den Architekten mit Vorliebe außer für Fenster auch zu ganzen Wänden und lichtdurchlässigen Deck angewendet. Es hat in dieser Richtung zweifellos no stärkeren Verbrauch zu erwarten. Die Anforderung sind hauptsächlich auf gute Lichtdurchlässigkeit, kla unverzerrte Bilder und ausreichende Festigkeit gestel Kommt die Verwendung von Glas-als Deckensteine Frage, so läßt sich ohne Ausbildung von Tragrippen zugfeste Glieder der Konstruktion in Art von Glaseise beton nicht auskommen. Es sind bereits Stützweit über 1,5 m mit der geringen Dicke der Glasbausteine v etwa 5 cm für die üblichen Nutzlasten des Hochbaues v 250 kg/m² ermöglicht. Hierher gehört auch das bekann Drahtglas, das in großen Tafeln hergestellt und im I dustriebau viel verwendet wird. Als Anforderung gute Kühlung bei der Erzeugung zu stellen, damit inne Spannungen vermieden werden.

Eine wichtige Gruppe stellen die Feuchtigkei Isolierstoffe dar, von denen die Isolierpapp und Dachpappen die bekanntesten sind. Zu Mauer- u Wandisolierungen und zu Dacheindeckungen, besonde aber im Industriebau, werden sie in großem Umfa benutzt. Die Hauptanforderung, die gestellt werd muß, ist Wasserundurchlässigkeit und dort, wo Daue haftigkeit verlangt werden muß, wie bei Mauerisolieru gen, auch besondere Geschmeidigkeit. Die Dachpappe industrie hat in den letzten Jahrzehnten wesentlic Fortschritte in der Herstellung sogenannter teerfrei Pappen gemacht, die allen billigen Ansprüchen volla genügen. Die Nachprüfung ihrer Eigenschaften wi nach besonderen, an den Prüfungsstellen einheitli durchgeführten Prüfverfahren vorgenommen; eine N mung ist noch in Vorbereitung.

Dachschiefer, Dachziegel, Dachstein Unter Dachschiefer ist im allgemeinen der Naturschief zu verstehen; der Kunstschiefer hat sich eigene Bezeic nungen geschaffen, wie Eternitplatten, Elementetrotz u andere. Dachziegel sind aus Lehm und Ton gebrann Dachplatten, und Dachsteine werden aus Feinbeton masch nell auf kaltem Wege erzeugt. Die Wasserundurchlä sigkeit ist eine der ersten Anforderungen. Bilden si innerhalb von 24 h Tau und Tropfen an ihrer Unt seite, so sind die Dachsteine nicht als undurchlässig anz sprechen. Außerdem müssen sie auch frostbeständig se und eine bestimmte Biegebeanspruchung bei Auflageru entsprechend der Lattenteilung aufweisen. Nach den b herigen Erfahrungen kann auf den Nachweis der Fro beständigkeit dann verzichtet werden, wenn die beid anderen Eigenschaften befriedigt haben. Bei den za reichen Prüfungen hat sich gezeigt, daß ein Mangel v Dachdeckplatten darin liegen kann, daß sie bei Einw kung eines Innenfeuers explosionsartig zerspringen u dabei selbst Menschen gefährden können. Es ist desha die Forderung eines besonderen Prüfungsnachweis hierzu berechtigt.

Die Werkstoffe des Hochbaues, soweit aus ihn Wände hergestellt werden, müssen auch die wichtige A forderung eines entsprechenden Wärmeschutzes erfüll In Zahlentafel 8 und Abb. 1 sind die gebräuchlichst Werkstoffe nach dem Wert ihres Wärmeschutzes z

Zahlentafel 8
Wandbildende Werkstoffe des Hochbaues geordnet nach ihrer Wärmeleitzahl

Werkstoff	Wärmeleitzahl λ in $\frac{kg/cal}{m^2\,h\,°C}$	Eine 6 cm dicke Wand des Werkstoffs entspricht einer Ziegelaußenwand in der Dicke von cm	Mittleres Gewicht de Wand kg/m³	kg/r
Kiesbeton . . .	1,2	5	2200	132
Ziegelmauer . .	0,75	6	1800	108
Schlackenbeton .	0,30	15	1200	72
Gipsdielen . . .	0,25	18	850	50
Bimsbeton . . .	0,23	20	800	48
Nadelholz	0,15	30	600	36
Heraklithplatten	0,15	30	500	30
Tektondielen . .	0,07	64	300	18
Torfoleumplatten	0,04	112	170	10
Korkplatten . .	0,03	120	110	7

[7]) Hersteller: Eduard Dyckerhoff, Poggenhagen.
[8]) Z. Bd. 70 (1926) S. 37 u. f.

sammengestellt; sie können mit der als Grundlage dienenden Ziegelwand verglichen werden, wenn man die entsprechende Dicke der Ziegelwand, die den gleichen Wärmeschutz bietet, angibt.

Lehrreich ist ein Überblick über die Größenordnung, die in der Wärmeleitzahl den Hauptwerkstoffen zukommt, die deshalb als Verhältniszahl gegeben wird, unter Beziehung auf die Zahl 1 für die Wärmeleitzahl von Torf und Kork.

Werkstoff	Wärmeleitzahl	Verhältniszahl
Kork und Torf	0,05	1
Holz und Heraklithplatten . . .	0,15	3
Gips und Bims und Schlacke . .	0,30	6
Ziegelmauer	0,75	15
Kiesbeton	1,25	25
Kiessand und Erde	2,00	40

Noch um die Jahrhundertwende war der Hauptanspruch an die Werkstoffe des Hochbaues mit Rücksicht auf die Sicherheit, Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit unserer Bauwerke auf ausreichende Festigkeit und auf Widerstandfähigkeit gegen Witterungseinflüsse gestellt. Allmählich aber wurden die Anforderungen immer mehr auch auf andere Eigenschaften, wie Elastizität, Wärmeschutz, Feuerschutz, Wasserdichtigkeit u. a. ausgedehnt, denen sich neuerdings die Forderung nach Schalldämpfung anreiht, die baldigst zu praktischen Ergebnissen geführt werden möge. So sind eine ganze Reihe neuer Anforderungen aufgetreten, teils als Wirkung des Krieges und der Nachkriegszeit mit den Ersatzstoffen, teils auch infolge erweiterter Erkenntnis über den Wert oder Unwert von Werkstoffen für bestimmte Zwecke.

Eine wichtige Grundlage für die Gütefestsetzung für Werkstoffe sind die Normen. Außer der Verminderung der Vielfältigkeit der Stoffe und außer einer Festlegung von Einheitsmaß und -form lassen sie eine erleichterte Auswahl nach ihrer Güte für die praktische Verwendung zu. Es ist an sich leicht, Einigkeit für Vereinheitlichung der Abmessungen, Ausschaltung von Überflüssigem, Vereinfachung der Herstellung usw. zu erreichen; sobald aber die Frage der Gewährleistung bestimmter Güteeigenschaften angeschnitten wird, sind die Meinungen der Erzeuger und Verbraucher häufig recht verschieden. Dies ist begreiflich, weil durch eine solche Festlegung oft die wirtschaftliche Lage der beteiligten Industrie sehr wesentlich beeinflußt werden kann. Schon aus diesem Grunde mußten die Anforderungen auf das Mindestmaß beschränkt werden, aber auch deshalb, weil nur solche Eigenschaften in zahlenmäßige Grenzen gefaßt werden können, für die ganz bestimmte, bereits ausreichend erprobte Prüfverfahren feststehen, verläßliche Unterlagen für Grenzwerte bereits gegeben sind und auch von Erzeugern und Verbrauchern als Wertmaßstab anerkannt werden.

Es sollen daher Gütevorschriften auch keine hemmende Einengung für freie Entwicklungsmöglichkeit enthalten, sie werden vielmehr von Zeit zu Zeit den etwa veränderten Anforderungen an die Werkstoffe angepaßt werden müssen. [B 205]

Formstoff- und Formenprüfung

In einer sehr beachtenswerten Abhandlung[1]) berichten die beiden Leonhard Treuheit über die Ergebnisse ihrer Versuche zur Feststellung der wechselseitigen Beziehungen von Stampffestigkeit, Bindefestigkeit, Gasdurchlässigkeit, Feuchtigkeits- und Tongehalt verschiedener Sande und deren Mischungen zueinander. Die Versuche sind um so bedeutungsvoller, als sie im Gegensatz zu den bisher bekanntgewordenen Formsanduntersuchungen nicht mit in der Versuchsanstalt gewonnenen Probekörpern, sondern an wirklichen Gebrauchsformen vorgenommen wurden. Probekörper, die eine bestimmte Sandmischung von entsprechendem Ton- und Feuchtigkeitsgehalt bestimmter Kornanteile und -größen darstellen, prüfte man bei einer genau festgesetzten Stampf- und Schlagarbeit. Im praktischen Gebrauch liegen aber die Verhältnisse wesentlich anders. Hier kommt nicht eine einzige Sandmischung in Frage, sondern es handelt sich mindestens um zwei Mischungen, nämlich Modell- und Füllsand oder Masse und Füllsand, wobei der Füllsand den weitaus größten Bestandteil der Sandform ausmacht, daher auch von sehr großem Einfluß auf die Formeigenschaften ist, besonders soweit die Stampffestigkeit in Frage kommt.

Die Festlegung der Stampfarbeit ist bei den Gebrauchsformen sehr schwierig, weil man den Sand nach den verschiedensten Verdichtungsverfahren, sei es von Hand oder maschinell, behandeln kann, außerdem wird aber die Stampfarbeit durch den Feuchtigkeits- und Tongehalt sowie die Korngröße sowohl des Modell- als auch des Füllsandes beeinflußt.

Der sich durch den immer fühlbarer machenden Mangel an erfahrenen guten Formern in steigendem Maße vollziehende Übergang zur maschinellen Formherstellung macht aber heute mehr denn je geeignete Unterlagen für die Prüfung der Formfestigkeit mit spezifischen Einheitswerten etwa in g/mm² zur einwandfreien Beurteilung der Maschinenformen nötig, die nur auf Grund von Untersuchungen wirklicher Gebrauchsformen und Gebrauchsformstoffe und ihrer Mischungen zu gewinnen sind.

Die Verfasser erstreckten ihre Untersuchungen auf die Stampffestigkeit, die Bindefestigkeit, die Gasdurchlässigkeit, den Feuchtigkeitsgehalt und den Tongehalt. Hierfür legten sie im einzelnen vergleichbare Zahlenwerte fest, auf Grund deren eine kritische Behandlung der Versuchsergebnisse möglich ist.

Zur Messung der Stampffestigkeit benutzten sie den bekannten Härteprüfer nach Treuheit, mit dem man die Festigkeit einer Sandform in g/mm² ermittelt. Bei dieser Meßvorrichtung erzeugt eine Kugel von bestimmtem Durchmesser durch einen gleichbleibenden Druck entsprechend der Stampfdichte der Form oder des Kerns in deren Oberfläche einen Kugelkalotteneindruck von bestimmter Höhe h, die an einem Feinmeßgerät leicht abgelesen werden kann und einer der belasteten Fläche entsprechenden Kalottenoberfläche zugehört. Bezeichnet H die Härte des Sandes, P die gleichbleibende Kugelbelastung, so ist

$$H = \frac{P}{2 \pi r h}.$$

Zur Erleichterung sind zu den verschiedenen Kalottenhöhen h die Stampffestigkeiten H in g/mm² ausgerechnet und zu einer Berechnungstafel zusammengestellt.

Um die Bindefestigkeit festzustellen, stampfte man aus dem betreffenden Formsand Kernstücke von 400 × 100 × 50 mm³ mit Hilfe der verschiedenen in der Praxis verwendeten Verdichtungsverfahren in einem etwas Anzug aufweisenden Kernkasten. Der gewendete Kasten wird auf eine mit Ölpapier bedeckte wagerechte Glasplatte gelegt und kann dort infolge der Verjüngung ohne wesentliche Erschütterung vom Sandkern abgezogen werden. Weder das Kernstück noch sonstige den Versuchzwecken dienende Formen wurden mit einem Formerwerkzeug behandelt. Das Sandprisma wird nun über den Rand der Glasplatte so lange mit möglichst gleichbleibender Geschwindigkeit von 2,86 cm/s vorgeschoben, bis es abbricht, Abb. 1 und 2. Das abgebrochene Stück wird auf einer Blechtafel bekannten Gewichtes aufgefangen und gewogen. Der Quotient aus dem Gewicht

[1]) „Stahl und Eisen" Bd 47 (1927) S. 121 u. f.

Abb. 1 und **2**
Einrichtung zur Prüfung der Bindefestigkeit

des abgebrochenen Sandkernstückes G und seiner Querschnittfläche F ergibt die Bindefestigkeit B nach der Gleichung

$$B = \frac{G}{F} \text{ in g/mm}^2.$$

Die Gasdurchlässigkeit bestimmte man nach dem Verfahren von Steinitz, Abb. 3, indem man die Zeit maß, die nötig ist, um 100 cm³ Luft durch eine Sandprobe zu saugen. Die Probe wird in einem Zylinder a oder b nach den verschiedenen Verfahren der Praxis verdichtet. Nach oben ist der Zylinder durch eine Gummidichtung gut abgeschlossen, während er nach unten etwa kegelig ist, damit der Sand an der Wandung dicht anliegt.

Die Woulfsche Flasche hat eine Mariottesche Röhre mit nach unten auf 2 mm verengter Öffnung, deren Abstand von der Mitte des Ausflußhahns 50 mm betrug, damit ein gleichbleibender Druck erreicht wurde.

Der Feuchtigkeitsgehalt der verschiedenen Formstoffe und ihrer Mischungen wurde durch Wiegen vor dem Trocknen und nachher (bei 105 °) in Hundertteilen angegeben.

Das wirksame Bindemittel, der Tongehalt ($Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$) wurde durch rationelle Analyse festgestellt, wobei man vom reinen Quarzsand ausging (Tongehalt rund 0 vH), dem man tonhaltige Sande zumischte. So wurden Sande mit 0, 9, 12, 24 und 30 vH Tongehalt hergestellt, jeweils mit 5, 7, 10 und 15 vH Wassergehalt aufbereitet und in einer Versuchsreihe geprüft. Daneben wurden diese verschiedenen Sande, wie in der Praxis üblich, etwa zwei Finger dick auf das Modell oder die Kernkastenwandungen gedrückt, während der übrige Teil mit Füllsand (gewöhnlicher Altsand mit fast 7 vH Feuchtigkeitsgehalt) aufgestampft wurde.

Bei beiden Versuchsreihen einer Formsandmischung wendete man fünf verschiedene Sandverdichtungsarten an: Handstampfen, Druckluft-Handstampfen, hydraulisches Pressen, Rütteln und Schleudern. Dabei ergaben sich ganz unerwartete Verschiedenheiten in den Stampffestigkeiten, die an wagerechten und senkrechten Formflächen gemessen wurden. In einem sehr lehrreichen Schaubild[2]) sind die Ergebnisse zusammengestellt. Aus ihnen ergibt sich z. B. bei 5 vH Wassergehalt, wenn man die durch einen guten Former mit Handstampfung gewonnenen Werte als normal ansieht, bei der hydraulischen Pressung eine viel zu hohe Stampffestigkeit, überhaupt liegen bei fast allen maschinellen Formverfahren und bei allen Feuchtigkeitsgraden die Stampffestigkeitslinien bedeutend höher als die bei Handstampfung erreichten. Bei den mechanischen Sandverdichtungen vergeudet man daher unnötig Kraft.

Um zu greifbaren Ergebnissen zu kommen, untersuchten die beiden Treuheit die gewonnenen Zahlenwerte in ihren verschiedenen Zusammenhängen miteinander, indem sie sie durch Kurvenzüge festlegen.

Zunächst wurde die Stampffestigkeit in Abhängigkeit zum Wassergehalt gebracht, und zwar einmal bei wechselndem Wassergehalt und gleichbleibendem Tongehalt, das andere Mal bei gleichbleibendem Wassergehalt und wechselndem Tongehalt[3]). Auch hier ergeben sich nicht nur erhebliche Festigkeitsunterschiede an den wagerechten und senkrechten Formwänden, sondern auch bei den verschiedenen Verdichtungsverfahren. Am günstigsten erweisen sich bei wechselndem Feuchtigkeitsgehalt die Stampffestigkeiten für Formsande von 7 bis 10 vH Feuchtigkeit. Das stimmt mit der Erfahrung überein, daß Formen mit 7 bis 10 vH Feuchtigkeit sich am besten vergießen lassen. Durchschnittlich wiesen die senkrechten Formflächen höhere Stampffestigkeiten als die wagerechten auf.

Wechselnder Tongehalt bei jeweils gleichbleibendem Wassergehalt führte wiederum zu der Feststellung, daß die Stampffestigkeiten bei hydraulischer und Sandschleuderverdichtung erheblich höher sind als bei Handstampfung. Die günstigsten Zahlen liegen bei 4 bis 10 vH Feuchtigkeit und 8 bis 12 vH Ton mit Stampffestigkeiten von 12 bis 20 g/mm². Es ergibt sich, daß mit steigendem Tongehalt und Wassergehalt bis zu 15 vH die Stampffestigkeit zunimmt.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde die Bindefestigkeit in Vergleich zur Stampffestigkeit bei wechselndem Wasser- und gleichbleibendem Tongehalt gebracht[4]) und festgestellt, daß bei Modellsand allein die Bindefestigkeit mit der Stampffestigkeit zu- oder abnimmt. Bei Modell- und Füllsand zusammen liegt die Bindefestigkeit im Durchschnitt etwas höher, wenn man reinen Quarz als Modellsand verwendet. Die Verfasser erklären diese Tatsache daraus, daß

[2]) a. a. O. S. 124, Abb. 10.
[3]) a. a. O. S. 125 und 126, Abb. 12 und 13.
[4]) a. a. O. S. 127, Abb. 14.

Abb. 3 Versuchsanordnung zur Bestimmung der Gasdurchlässigkeit nach Dr. Steinitz

a, b Zylinder zum Verdichten des Modellsandes

der Füllsand durch seinen Gehalt von 3 bis 6 vH Ton und 7 vH Wasser gegenüber Quarz von 0 vH Ton zu einer höheren Bindefestigkeit der Gesamtmischung führt.

Weitere Schaubilder[5]) zeigen die Bindefestigkeit in ihrer Abhängigkeit von wachsenden Stampffestigkeiten. Es ergibt sich, daß die Bindefestigkeiten mit den Stampffestigkeiten zunehmen, daß aber der Füllsand die Gesamtbindefähigkeit der Form infolge seines geringeren Ton- und Wassergehaltes herunterdrückt. Mit Zunahme des Ton- und Wassergehaltes bis 15 vH wachsen die Bindefestigkeiten des Modellsandes und Füllsandes mit den Stampffestigkeiten, wobei die des Modellsandes allein größer sind als die der Modell-Füllsand-Mischung.

Zu bemerkenswerten Ergebnissen führen auch die Kurvenaufzeichnungen[6]), in denen die Gasdurchlässigkeit zur Stampffestigkeit in Beziehung gesetzt wurde. Bei reinem Quarzsand zeigen sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen Modell- und Modellfüllsand. Seine größere Gasdurchlässigkeit liegt bei 5 bis 10 vH Feuchtigkeit, bei höherem Gehalt nimmt sie ab und ist bei 15 vH am geringsten, und zwar bei Formen, die mit Drucklufthandstampfen, hydraulischem Pressen oder Sandschleudern verdichtet wurden. Die Stampffestigkeit hat bei Quarzsand keinen Einfluß auf die Gasdurchlässigkeit.

Auch bei Formsandmischung mit 9 vH Tongehalt treten keine nennenswerten Verschiedenheiten zwischen Modell- und Modellfüllsand hinsichtlich der Gasdurchlässigkeit auf, am größten ist sie auch hier wieder bei 5 bis 10 vH Wassergehalt in Verbindung mit der Stampffestigkeit. Auch hier wieder tritt der Einfluß der verschiedenen Sandverdichtungsverfahren auf die Gasdurchlässigkeit erst von 15 vH Wassergehalt ab in Erscheinung, wobei die Druckluft-Handstampfung am nachteiligsten wirkt.

Eine Formsandmischung von 12 vH Ton ergibt bis 10 vH Wassergehalt ebenfalls keine erheblichen Unterschiede bei den Gasdurchlässigkeiten von Modell- und Modellfüllsand. Bei höheren Feuchtigkeitsgraden des Modellsandes gibt dieser seinen Wassergehalt zum Teil an den weniger feuchten Füllsand ab.

Die Gasdurchlässigkeit ist außer von dem Feuchtigkeitsgehalt auch von der Stampffestigkeit abhängig. Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß durch Schleudern verdichtete Sandformen, da hauptsächlich Füllsand geschleudert wird, trotz größerer Stampffestigkeit eine günstigere Entgasung aufwiesen als die nach andern Sandverdichtungsverfahren gewonnenen.

Die günstigste Gasdurchlässigkeit ist gekennzeichnet durch eine Zeit von 1 min 55 s, die ungünstigste durch eine solche von 2 min 5 s zum Durchsaugen von 100 cm³ Luft, soweit sie durch die verschiedenen Sandverdichtungsverfahren beeinflußt wird, obschon letztere in den Stampffestigkeiten erhebliche Unterschiede aufweisen.

Es wäre nur zu wünschen, daß die in den Ausführungen des Versuchsberichtes gegebenen dankenswerten Anregungen zur praktischen Prüfung der Formstoffe dazu führen, daß an recht vielen andern Stellen ähnliche Untersuchungen in den Gießereibetrieben angestellt und der Fachwelt bekanntgegeben werden. [M 254]

Hamburg Lohse

[5]) a. a. O. S. 298, Abb. 15.
[6]) a. a. O. S. 300, Abb. 16.

Papier als Werkstoff

Von Dr.-Ing. G. Oehler, Dresden

Die Eigenschaften, die Bearbeitbarkeit und die Verwendbarkeit des Papiers als Werkstoff. Besonders berücksichtigt wird hierbei die Bearbeitung der mit Kunstharz verleimten Papierstoffe.

Die Eigenschaften des Papiers

Unter den Baustoffen nimmt das Papier vorläufig noch eine weniger beachtete Stellung ein im Vergleich zum Holz, zum Metall und zu den keramischen Werkstoffen. Doch spricht seine immer vielseitiger werdende Verwendung dafür, daß das Papier in der Zukunft als Baustoff noch weiter an Bedeutung gewinnen wird.

Der Grund, weshalb Papier als Baustoff so wenig verwandt wird, liegt einmal an seiner nun einmal nicht billigen Herstellung, vor allen Dingen aber an seiner geringen Festigkeit. Vollkommen reines Papier ist als Baustoff auch heute nicht anwendbar, es kann jedoch in Verbindung mit Klebstoffen, wie z. B. mit ausländischen Kunstharzen und unter Pressen mittels starken Druckes zu einem recht widerstandfähigen Körper verdichtet werden, der auch höheren Ansprüchen in bezug auf Festigkeit genügt.

Die Festigkeitszahlen liegen für solches Preßpapier nun außerordentlich verschieden. Der Papierstoff und vor allen Dingen das sogenannte Papiermaché ist teilweise so weich, daß die 10 mm-Brinellkugel bei 500 kg Preßdruck völlig in der Masse versinkt, während guter harzverleimter Papierstoff Brinellhärten bis zu etwa 45 zeigen kann. Diese hohen Härtezahlen sind besonders für Zahnradgetriebe angebracht, die eine Brinellhärte von mindestens 40 erwünscht erscheinen lassen. Das spezifische Gewicht dieser gepreßten Massen ist größer als 1 und kann bis 1,5 betragen. Die Biegefestigkeit liegt bei rd. 2000 kg/cm² bei harzverleimtem Stoff.

Bei den Versuchen mit solchem Hartpapier von der Firma Hochvoltisolation, Dresden, fand man als Werte für die Zugfestigkeiten:

	bei −20 °C . . .	1700 kg/cm²,
	„ +20 °C . . .	1500 „ ,
	„ +60 °C . . .	1200 „ .
und für die Druckfestigkeit	„ +20 °C . . .	3200 „ .

Die Wärmebeständigkeit des gleichen Werkstoffes ergab einen Wert von 170 °C. Die Wärmeausdehnungszahl von −10 °C bis +60 °C betrug 0,000 025. Hierbei wurde außerdem noch der Elastizitätsmodul zu 120 000 kg/cm² festgestellt.

Als besonderer Nachteil des Papierstoffes werden seine stark hygroskopischen Eigenschaften betont. Bei dem harzverleimten Papierstoff ist dies jedoch nicht in diesem Maße zu beobachten. Ein Versuch mit Hartpapier ergab, daß nach einem Liegen von 24 h unter Wasser eine Gewichtzunahme von 0,6 vH, nach sechstägigem Liegen unter Wasser eine solche von 2,0 vH festzustellen war.

Die Dehnung des Papiers kann recht verschieden sein, wie das Dehnungs-Spannungs-Diagramm, Abb. 1, zeigt. Auf Zug beanspruchtes Preßpapier riß bei einer spezifischen Belastung von 290 kg/cm². Harzverleimtes Papier ergab einen höheren Wert. Man kann hier wohl von einer Elastizitätsgrenze, von einer unteren Streckgrenze und einer Zerreißgrenze sprechen. Ein solches Absinken nach einer unteren Streckgrenze ist nicht bei allen derartigen Papierstoffen zu beobachten. Die von diesen Linien auf den Diagrammen eingeschlossene Fläche kann man als die Dauerhaftigkeit des Papieres (Dimension mkg/m²) bezeichnen. Der Pendelfestigkeitsprüfer, der eine Neigungswage darstellt, durch deren Gewichtsdruck die Reißkraft ausgeführt wird, ist das bekannteste Prüfverfahren[1]). Die Festigkeit der Papiere beurteilt man hauptsächlich nach der Reißlänge, die als R bezeichnet und in Metern ausgedrückt wird. Bezeichnet man das Zerreißgewicht mit K in kg, mit G das Gewicht des Versuchstreifens in mg und mit H die Länge des Versuchstreifens in mm, so berechnet sich hieraus die Formel der Reißlänge zu

$$R = \frac{H\,K}{G}.$$

Die Pappen werden heute oft geglättet, was aber vom baustofftechnischen Standpunkt aus nicht immer günstig ist. Infolge des Glättens bekommt zwar die Pappe einen Hochglanz, doch verbindet sich damit die Gefahr übermäßigen Austrocknens, wodurch der Stoff leicht brüchig werden kann.

Eine weitere recht unangenehme Eigenschaft ist das Spalten der Pappen, was vor allen Dingen bei weißer Holzpappe und bei der Strohpappe häufig eintritt. Staucht man ein solches Stück an der Ecke gegen einen harten Gegenstand auf, so blättern die einzelnen Pappenlagen auseinander. Beim Anbrennen der Pappen trennen sich deutlich die einzelnen Lagen brennend und glimmend voneinander ab.

Die Brüchigkeit wird vor allem dadurch erhöht, daß man bei der Herstellung der Pappen zu viele Beschwerungsstoffe beimischte.

Ein besonders großer Nachteil von Pappen, die zu Baustoffen verwendet werden, ist das Werfen und Krümmen. Meistens liegt dies an Herstellfehlern, teilweise auch an der falschen Lagerung der Pappenpakete. Vor allen Dingen ist auf gleiche Dicke der Pappen zu achten. Bei ungleichmäßiger Dicke einer Pappentafel ist das Werfen auch bei bester Herstellung ein unvermeidbarer Übelstand. Selbstverständlich werden solche Erscheinungen durch Temperaturschwankungen und Wechseln des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft stark begünstigt. Es ist deshalb zu verwerfen, Pappen längere Zeit stehen zu lassen, vor allen Dingen dann, wenn sie feucht gelagert waren. Heß[2]) empfiehlt, die Pappen immer flach, und zwar in Stößen aufeinandergestapelt, zu lagern auf Blöcken mit Brettunterlagen, die mindestens 30 bis 50 cm vom Boden entfernt sind. Die Lagerräume sollen luftdicht, aber auch nicht modrig sein.

Die Pappen verderben ebenfalls in vielen Fällen infolge mangelhafter Lagerung. Meistens handelt es sich jedoch um Fäulniserreger, die in irgendeiner Weise in die Pappen gelangen und unempfindlich gegen die verhältnismäßig hohe Temperatur bis zu 120 °C sind. Bei der künstlichen Trocknung der Pappen werden sie also nicht abgetötet. Vor allen Dingen ist bei Lufttrocknung

[1]) Rejtö, Anleitung zur Durchführung der Papierprüfung, Budapest; Valenta, Das Papier, Halle a. S. 1922.

[2]) Vergl. Heß, Die Praxis der Pappenverarbeitung, Berlin 1922.

Abb. 1
Dehnungs-Spannungs-Diagramm

Abb. 2
Rohr von 1,5 mm Wanddicke

Abb. 3
Rohr von rd. 6 mm Wanddicke

Abb. 4
Versuche mit verschiedenen dicken Rohren aus Pappe von 200 mm Länge und rd. 20 mm l. W.

Abb. 2 bis 4
Formänderung von Isolierrohren aus Pappe bei verschiedenen Belastungen

die Gefahr des Verderbens groß; treten längere Regenabschnitte ein, so verfaulen die Pappen.

Zu den verschiedenen anderen Nachteilen gehört das Verfärben der Pappen, zurückzuführen auf den Gerbsäuregehalt des Holzes oder des Eisenoxyds, das in dem bei der Herstellung verwendeten Wasser enthalten ist.

Auf die hygroskopischen Eigenschaften des unverleimten Papierstoffes wurde bereits hingewiesen. Um die Pappen widerstandfähig gegen Wasseraufnahme[3]) zu machen, sollte man sie leimen. Unbedingt nötig ist das vor allen Dingen bei solchen Pappen, die farbig angestrichen werden.

Fünf Hauptarten von Pappen sind zu unterscheiden: die Lederpappen, die weißen Holzpappen, die Hanfpappen, die Graupappen und die Strohpappen. Die Lederpappe ist in der Kartonnagenindustrie außerordentlich beliebt und kommt meistens einseitig geglättet in den Handel. Man verwendet sie bei der Herstellung von beklebten Kartonnagen; sie ist für Ziehwerke unter Beimischung von Zellulose und anderen Fasern besonders geeignet. Die Hanfpappe ist wohl die festeste und wird gleichfalls für Ziehzwecke benutzt; sie dient auch zu Tiefprägungen als Matrizenpappe. Die graue Pappe ist ein billiger Stoff und hat fast die Festigkeit der Hanfpappen. Die graue Pappe verwendet man zur Herstellung von Koffern und Büchern, zuweilen auch für Präge- und Ziehzwecke und für Hartpapierwaren. Aus den Strohpappen stellt man in erster Linie Wellpappen her. Ihre Reißfestigkeit ohne Zusatz anderer Fasern ist gering.

Zwischen diesen Pappen und den harzverleimten Hartpapiererzeugnissen besteht ein außerordentlich großer Unterschied. So sind z. B. die mit Kunstharz verleimte Papiertafeln ungleich fester als die gewöhnlichen Pappe Sie dienen u. a. zur Herstellung von Isolationsmitteln ve schiedener Formen. Da vor allen Dingen in der Elektr industrie eine große Nachfrage nach Isolationsrohren hoh Festigkeit besteht, habe ich verschiedene Versuche durc geführt, deren Ergebnisse aus den Diagrammen, Abb. bis 4, zu ersehen sind. 200 mm lange Rohre wurden unt einer Presse so gepreßt, daß das Rohr an den Preßback in seiner vollen Länge von 200 mm anlag. Der inne Durchmesser der Rohre betrug 19,5 bis 20,4 mm; d äußere Durchmesser war verschieden groß, da die Ve suche bei verschiedenen Rohrdicken vorgenommen wurde

Den Versuch an dem dünnwandigsten Rohr zeigt Abb. Die ausgezogene Linie gibt das Zunehmen des wagerecht inneren Durchmessers bei zunehmendem Druck, die g strichelte Schaulinie die Verminderung des senkrecht inneren Durchmessers bei steigendem Druck an. D Werkstoff gab sehr rasch nach. Nachdem die Belastu bei $a' = a'' = 220$ kg überschritten wurde, sank das Ro in sich zusammen, ohne daß ein höherer Druck zugegeb wurde, bis zum Druck $b' = b''$ von 210 kg. Bei höhere Druck wurde das Rohr noch mehr zusammengepreßt, daß sich die gegenüberliegenden inneren Rohrwandung bei einer Belastung $c' = c''$ von rd. 1050 kg berührte Bei noch höherem Druck konnte sich dann das Rohr n wenig mehr zusammendrücken. Den Verlauf eines ande Versuches mit einem bedeutend dickeren Rohr zei Abb. 3. Von einer sogenannten unteren Streckgrenze ka man, wenn man die Punkte b', b'' in dem Diagram Abb. 2, als solche bezeichnen will, nicht mehr reden. D Ergebnisse einer Reihe von Versuchen mit verschied dicken Rohren, die sämtlich 200 mm lang waren und 1 20 mm l. W. hatten, zeigt Abb. 4[4]).

Eine besonders vorteilhafte Eigenschaft des Papie ist seine Isolierfähigkeit gegenüber elektrischen Einflüsse ein Punkt, der die Berechtigung des Papiers als Baust für elektrische Zwecke außerordentlich hervorhebt. B der Beurteilung der Güte von Isolationsplatten sind die G sichtspunkte des Verhaltens gegen Durchschlag und Gle entladungen und gegen Spannungen in der Richtung d Papierlage besonders zu beachten. Bei den Kunstha papierplatten muß man vor allen Dingen berücksichtige daß die Harze beim Härten Wasser und Gas abspalte die die Platten leitend machen.

In Abb. 5 sind die Ergebnisse der Untersuchung ve schiedener Isolationsstoffe auf Widerstandfähigkeit u Durchschlagfestigkeit ausgewertet. An einen Transformat von 220/100 000 V schloß man zwei Spitzen an, die m in 100 mm Entfernung auf die Oberfläche des zu unt suchenden Stoffes auflegte. Die Spannung wurde dur Vorschaltwiderstände so gesteigert, bis ein Lichtbog einsetzte, und dann so geregelt, daß der Lichtbogen gera

[3]) Vergl. Patentklasse 55c, wo sämtliche Verfahren gesammelt sind.

[4]) Die zur Prüfung benutzten Rohre wurden von der Firma Ho voltisolation, Dresden, zur Verfügung gestellt.

Abb. 5
Untersuchung verschiedener Isolationsstoffe auf Widerstandfähigkeit und Durchschlagfestigkeit

weiter bestand. Es wurden Versuchzeit, Spannung und Stromstärke abgelesen. Der Versuch wurde abgebrochen, wenn entweder eine Kohlenbahn auf der Oberfläche entstand oder sich eine leitende Bahn unter der Oberfläche bildete; dies war durch Aufblähen der einzelnen Papierschichten zu sehen. Eine Platte, die solche Fehler zeigt, ist mit Abspaltstoffen durchsetzt und stromleitend. Man darf deshalb Platten, die vielleicht ein festes Aussehen zeigen, nicht immer als elektrisch vollwertig betrachten. Sie können unter Umständen sogar äußerst schlechte Ergebnisse liefern.

In Abb. 5 sind die Schaulinien für gehärtetes Kunstharz, reines Papier und für die Isolationsplatten (Keco-Platten) dargestellt. Außer diesen Stoffen wurden noch andere untersucht. Eine völlig ungeeignete Isolationsplatte zeigte bereits nach 22 s eine deutliche Kohlenbahn bei einer Durchgangstromstärke von 7 A und einer Spannung von nur 350 V. Abb. 6 zeigt die Kohlenbahn in einer Isolationsplatte der Firma Hochvoltisolation, Dresden, vergl. Abb. 5, Abb. 7 einen sehr minderwertigen Stoff und Abb. 8 die Kohlenbahn auf reinem gehärtetem Kunstharz. Die Kohlenbahn des Kunstharzes weist keinerlei Aufblähungen auf und ist der Kohlenbahn, Abb. 6, durchaus ähnlich. Abb. 7 zeigt dagegen einen leitenden und für Elektroisolationszwecke völlig unbrauchbaren Stoff.

Die Bearbeitbarkeit des Papiers

Bei der Bearbeitbarkeit des Papiers kann man noch stärker als im Vorhergehenden unterscheiden zwischen Papieren, die mit Kunstharzen verleimt sind, und solchen, die durch einfaches Pressen höchstens unter Kaseinzwischenverleimung angefertigt sind. Die Bearbeitbarkeit der ersten Sorte soll zuerst besprochen werden.

Mit Kunstharz verleimte Papiere bearbeitet man auf Drehbänken bei höheren Schnittgeschwindigkeiten als in der Metallbearbeitung. In einigen Veröffentlichungen[5]) werden Schnittgeschwindigkeiten von 15 m/s angegeben, was wohl zu viel sein dürfte. 10 m/s erscheint als Höchstwert immer noch recht günstig. Das Werkzeug wird außerordentlich stark beansprucht. Der Spanabgangwinkel ist größer zu halten als in der Metallbearbeitung. Dagegen ist der Meißelwinkel ungefähr derselbe wie dort, so daß also der Rückenwinkel kleiner wird. Vor einem zu schlanken Schleifen der Schneide ist zu warnen, da der Stahl in diesem Fall ausbrechen wird. Mit Stellit, wie z. B. in der Perlenherstellung, kann man den Stoff nicht bearbeiten, da bei der hier eintretenden hohen Wärmeentwicklung das Papier verbrennen würde. Bei Perlen aus Kasein liegen die Dinge anders. Kalanderwalzen werden mittels Dia-

[5]) Vergl. „Herolith", Zeitschrift für die Herstellung und den Vertrieb von Edelkunstharzen, 1926.

Abb. 6
Kohlenbahn auf einer Keco-Platte

Abb. 7
Kohlenbahn auf einer minderwertigen Isolationspapierplatte

Abb. 8
Kohlenbahn auf reinem Kunstharz

manten im letzten Arbeitsgang geschlichtet. Hierzu sind Sonderdrehbänke mit außerordentlich geringem Vorschub nötig. Die Arbeitzeit für diesen Arbeitsgang beansprucht mehrere Tage.

Das Bohren des Stoffes kann wohl durch Spiralbohrer erfolgen, doch verwendet man hier auch Löffelbohrer mit starkem Hinterschliff. Im allgemeinen gilt, daß Bohrungen unter 20 mm Dmr. mit Spiralbohrern, Bohrungen über 20 mm Dmr. mittels Bohrstange mit Stahleinsatz hergestellt werden. Die für die Holzbearbeitung so beliebten Zentrumsbohrer können infolge des quetschenden Stoffes nicht benutzt werden. Die Bohrer müssen außerordentlich scharf angeschliffen sein. Eine Kühlung durch Zuführung von Kühlflüssigkeit ist nicht zu empfehlen, wenn auch die Bohrwerkzeuge während des Arbeitens außerordentlich heiß werden.

Mittels naturharter Schnellstahlfräser mit geringer Zahnhöhe und geringer Teilung kann man mit Kunstharz verleimte Papiere fräsen. Die Zahnhöhe beträgt etwa 3 mm, die Teilung 6 bis 7 mm. Bei Walzenfräsern wählt man die Spiralsteigung der Zähne möglichst groß. Das Anbringen von Spanbrechnuten ist hier überflüssig. Für die anderen Fräserformen gilt in bezug auf Zahnhöhe und Teilung das bereits Gesagte. Die Schnittgeschwindigkeiten entsprechen hier wohl durchschnittlich den in der Metallbearbeitung üblichen.

Bei dem Sägen wird eine Schnittgeschwindigkeit von 10 m/s empfohlen. Bei höheren Schnittgeschwindigkeiten sollen die Sägen stark abgestumpft werden. Es wird vorteilhaft eine Zahnteilung von 2 bis 2,5 mm gewählt; eine Schränkung soll, wenn sie überhaupt vorhanden ist, nur in geringstem Maß an den Kreissägeblättern angebracht sein. Für Papierstoffe bis zu 1 cm Dicke verwendet man Kreissägen; bei größeren Schnitthöhen erscheint die Bandsäge günstiger. Auf ein gutes Anschärfen der Sägen muß besonderer Wert gelegt werden, da sonst Teile ausspringen und der Sägeschnitt unsauber wird. Fachleute weisen darauf hin, daß der Werkstoff vor dem Sägen durch viertelstündiges Eintauchen in Wasser von etwa 95 °C etwas angewärmt wird. Eine höhere Temperatur ist infolge der Feuergefahr zu vermeiden. Die hier beschriebene Erwärmung empfiehlt sich nur für solche Stoffe, die verhältnismäßig viel Kunstharz enthalten.

Mit Kunstharz verleimte Papierstoffe schleift man mittels Glaspapiers, das auf Holzscheiben aufgezogen ist. Die Schnittgeschwindigkeit beim Schleifen beträgt etwa 7 m/s. Dieser Höchstwert gilt jedoch für jeden mit Kunstharz geleimten Papierstoff; denn die Gefahr des Brennens des Werkstoffes ist außerordentlich groß. Unbedingt bleiben im Fall allzu hoher Umfangsgeschwindigkeit häßliche Flecke auf der Oberfläche des Werkstoffes, wenn nicht noch größerer Schaden angerichtet wird. Man muß auch hier berücksichtigen, daß das Glaspapier keine zu harte und grobe Körnung aufweisen darf. Kennt man den Papierstoff noch nicht und hat man ihn noch nicht geprüft, so sollte man über eine Umlaufgeschwindigkeit von 2 m/s im Anfang nicht hinausgehen.

Den Werkstoff poliert man am besten mittels Schwabbelscheiben, Glanz kann man mit Woll- und Flanellscheiben erzeugen. Die Umlaufgeschwindigkeit der Scheiben kann bis zu 10 m/s betragen. Außer dieser mechanischen Bearbeitung sind noch andere Polituren, sogenannte Schleifpasten, üblich und unter den verschiedensten Namen im Handel. Zum Mattieren benutzt man Bimssteinmehl.

Das Prägen des Werkstoffes ist schwierig, man kann es nur mit vorgewärmtem Stoff durchführen. Zu berücksichtigen ist, daß der Papierstoff nach der Prägung noch im Prägestempel abgekühlt wird. Für diese Arbeitsweise eignet sich nicht jeder Werkstoff.

Das Stanzen und das Ziehen des Papierstoffes ist ebenfalls äußerst schwierig, da er leicht ausspringt. Dicken über 5 mm sind nicht stanzfähig. Das Ziehen zu dosenförmigen runden Körpern erscheint jetzt noch als eine ungelöste Aufgabe.

Die Rohre werden mittels Winkeldornes gefertigt. Für dieses außerordentlich schwierige Herstellverfahren sind verschiedene Kunstgriffe nötig, um ein einwandfreies Erzeugnis fertigzustellen.

Abb. 9
Änderung des Drehmomentes bei verschiedenen Bohrerformen und veränderlichem Vorschubdruck

Abb. 10
Vorschubgeschwindigkeit bei verschiedenen Bohrerformen und veränderlichem Vorschubdruck

Abb. 11
Abhängigkeit der Vorschubgeschwindigkeit von der Schnittgeschwindigkeit

Die Verarbeitung des mit Kunstharz durchsetzten Papierstoffes bedarf scharfer, gut gehärteter Werkzeuge. Der Schnittdruck ist hierbei teilweise größer als bei Maschinenstahl, vor allen Dingen beim Bohren. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei dem ohne Kunstharz verarbeiteten Stoff.

Bei der spanabhebenden Bearbeitung, also beim Drehen, Fräsen, Hobeln, Bohren und Sägen muß von vornherein beachtet werden, daß der ohne Kunstharz hergestellte Papierstoff nicht abgeschält und zuletzt abgebrochen wird, sondern daß er sich bei der Bearbeitung in das Werkzeug mit hineinreißen läßt, oder dem Werkzeug ausweicht und quetschend wirkt. Infolge der so entstehenden verhältnismäßig unregelmäßigen Bearbeitungsoberfläche muß man andre Bearbeitungsverfahren anwenden. Es ist also möglich, daß ein mit einem 5 mm-Bohrer gebohrtes Loch

größer, aber auch aus oben angeführten Gründen kleiner ausfallen kann. Man hilft sich dadurch, daß man einen solchen bearbeiteten Stoff durch einen nachfolgenden Arbeitsgang unter Druck glättet, was man als ein Polieren oder Pressen ansehen kann. Die bei der Bearbeitung auftretenden Schnittdrücke sind bedeutend unregelmäßiger als bei dem harzverleimten Papierstoff, sind jedoch außerordentlich gering, vor allen Dingen für das Sägen und Bohren. Die Werkzeuge beim Sägen und Bohren brauchen nicht übermäßig scharf zu sein. Beim Drehen und Fräsen sind scharfe Werkzeuge allerdings zur Erzeugung einer sauberen Bearbeitungsfläche notwendig.

Trotz der erwähnten Schwierigkeiten hielt ich es doch für wichtig, Bohrversuche an derartig geschichtetem Papier vorzunehmen. Der einwandfreie Versuchswerkstoff, geschichteter Holzstoff mit der Brinellhärte 8, dessen Dehnungslinie in der unteren Schaulinie, Abb. 1, zu sehen ist, wurde zu diesem Zwecke von der Firma Gebr. Adt, Wächtersbach, zur Verfügung gestellt. In Abb. 9 bis 11 sind die Ergebnisse derartiger Zerspanungs-, in diesem Falle Bohrversuche, zu sehen, wie ich sie im Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungsverfahren an der Technischen Hochschule Dresden vorgenommen habe. Bei den Versuchen wurde zunächst eine mittlere Schnittgeschwindigkeit von etwa 160 m/min entsprechend einer Spindeldrehzahl von 3440 Uml./min gewählt.

Vier verschiedene Bohrerformen, ein Zentrumsbohrer, ein Langlochbohrer, ein Bohrer nach der Forstnerschen Form mit zwei seitlichen runden Einfräsungen und ein Spiralbohrer für Metall, Abb. 9, wurden geprüft, die von gleichem Durchmesser, in diesem Falle 15 mm, waren. Die Versuche wurden auf einem Versuchstand für Holzbohrer vorgenommen. Der Vorschub wurde mittels Gewichte geregelt. Der Transportwiderstand, der hier etwa 2 kg betrug, mußte bei der Auswertung der Versuche mit berücksichtigt werden. In bezug auf Kraftbedarf arbeitet der Forstnersche Halbbohrer am günstigsten, dagegen der Langlochbohrer am ungünstigsten. Diese Drehmomentmessung wurde mit dem Selbstschreiber aufgenommen. Aus Abb. 9 und 10 kann man schließen, daß der Zerspanungsvorgang beim Langlochbohrer und beim Forstnerschen Halbbohrer einwandfreier ist als bei dem stoßartigen Arbeiten des Spiralbohrers für Metall. Die vom Langlochbohrer erzeugten Bohrungen hatten innen die glattesten Wände, hingegen ließen sie beim Spiralbohrer und Zentrumsbohrer an Sauberkeit zu wünschen übrig.

Außerordentlich bemerkenswert sind die in Abb. 10 ausgewerteten Ergebnisse, die die Vorschubgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Vorschubdruck bei den verschiedenen Bohrerformen zeigen. Während die Formen I bis III bei zunehmendem Vorschub gleichfalls eine Zunahme der Vorschubgeschwindigkeit zeigen, verläuft die Linie IV für den Spiralbohrer umgekehrt. Vermutlich hängt dies mit der stoßweisen Arbeit dieses Werkzeuges bei hohen Umlaufzahlen zusammen. Diese Schaulinie läßt also einwandfrei erkennen, daß man bis zu einem Vorschubdruck von 16 kg vorteilhaft mit Metall-Spiralbohrern solchen Holzstoff bearbeitet, bei höheren Vorschubdrücken ist dagegen der Langlochbohrer mit geradlaufender Spanabführungsnute bestimmt vorzuziehen. Die Formen I und III geben ein gleichmäßiges, ungünstigeres Bild und liegen fast in derselben Linie. Während gerade diese Formen nach Abb. 9 besseres erwarten lassen, zeigen sie hier ein bedeutend ungünstigeres Ergebnis. Man wird sie deshalb von der praktischen Verwendbarkeit für die Bearbeitung dieses Papierstoffes wohl ausschließen müssen.

Der andre Teil der Versuche erstreckte sich darauf, das Verhalten der Vorschubgeschwindigkeit bei veränderlicher Drehzahl der Bohrspindel bezüglich der Schnittgeschwindigkeit bei dem bereits oben benutzten Langlochbohrer von 15 mm Dmr. zu ermitteln. Die Bohrspindel-Drehzahl wurde zwischen 2000 und 4550 Uml./min verändert, was einem Schnittgeschwindigkeits-Bereich von etwa 100 bis 250 m/min gleichkommen dürfte. In diesem Bereich steigt die Vorschubgeschwindigkeit außerordentlich rasch an, Abb. 11, während ihr weiterer Verlauf weniger Neigung zum Wachsen zeigt. Man wird also vorteilhaft bei der Verarbeitung letzteren Bereich wählen. Ob die Linie bei noch höheren Drehzahlen einen Höchstwert aufweisen und dann fallen wird, konnte bei der vorliegenden Versuchsanordnung nicht festgestellt werden.

Bedeutend wichtiger als die spanabhebenden Bearbeitungsverfahren, die für allzu weiche Stoffe niemals in Frage kommen können, ist die spanlose Formgebung. Die meisten Bearbeitungsarten sind wohl aus der Kartonnagenindustrie genügend bekannt. Es handelt sich hier vor allem um Schnitt-, Präge- und Zieharbeiten. Den Papierstoff stanzt oder schneidet man mittels einfach herstellbarer Stanzwerkzeuge; diese werden im neuzeitlichen Kartonnagen-Werkzeugbau aus Sperrholzteilen hergestellt, zwischen denen unter Gummibeilagen ein entsprechend gebogener Stahlstreifen mit seitlicher Schneidkante eingeklemmt wird. Statt Sperrholz verwendet man zuweilen auch erstarrende Massen. Das Prägen wird am besten mittels warmer Stempel durchgeführt, irgendwelche Schwierigkeiten treten hier kaum auf.

Vor dem Biegen muß man den Werkstoff in kochendes Wasser legen. Die Dauer der Durchwärmung, die vollkommen gleichmäßig sein soll, ist von den Abmessungen des Stückes abhängig; sie beträgt bis ½ h. Vorzeitig herausgenommene, ungleichmäßig durchwärmte Teile reißen beim Biegen ein oder brechen. Die gebogenen Stücke werden fest in eisernen Formen gepreßt; man läßt sie dort längere Zeit abkühlen.

Am wichtigsten erscheint für den Papierwerkstoff die Bearbeitung durch Ziehen[6]), da hierdurch den Kartonnagen eine feste Form gegeben wird, die äußeren mechanischen Beanspruchungen genügend Widerstand bieten kann. Zu erwähnen sind hier vor allen Dingen Armaturenkappen für die Elektroindustrie und Verpackungsmittel jeder Art. Einen besonders wichtigen hier zu beachtenden Gesichtspunkt bildet das unbedingte Einhalten der zulässigen Ziehtiefe.

In dem Raumdiagramm, Abb. 12, ist als Ordinate die Dehnung, als nach vorn laufende Koordinate der Zu-

[6]) Über die üblichen verschiedenen Ziehformen vergl. Sachsenberg, Wirtschaftliches Verpacken. Berlin 1926, VDI-Verlag.

Abb. 12
Bestimmung der Größen ε, D_0, D' und h aus dem dreidimensionalen Dehnungsdiagramm mit den Flächen gleichen Ziehdurchmessers D'

schnittdurchmesser des Werkstückes D_0, als Abszisse die Ziehtiefe h aufgetragen. Über diesem dreidimensionalen Koordinatensystem wölben sich die Flächen gleichen Zieh-Durchmessers D'. Hat man die Dehnung eines Papierstoffes ermittelt, so kann man die zulässige Ziehtiefe ablesen. Die Dehnbarkeit des Stoffes wurde bereits in Abb. 1 angegeben, doch handelt es sich hier um für den Ziehvorgang nicht vorbereitete Werkstoffe. Die Ziehpappen gestatten bei richtiger Vorbehandlung mittels Seifen eine bedeutend höhere Dehnbarkeit, die bis zu 40 vH betragen kann.

Als Beispiel für die praktische Verwendung des Diagramms, Abb. 12, sei ein Zuschnittdurchmesser der Kartonnagentafel von $D_0 = 200$ mm und ein Patrizendurchmesser von $D' = 50$ mm gegeben. Die Pappe gestattet nur eine Dehnung bis zu 33 vH. Man kann also aus dem Diagramm, dessen räumliche Flächen gleichen Ziehdurchmessers, also Patrizen- oder Matrizendurchmessers D' sind, auf der Fläche für $D' = 50$ mm in der Höhe von 33 vH und in der Abszissenlinie $D_0 = 200$ mm eine Ziehtiefe $h = 45$ mm ablesen.

Für das Gelingen des Erzeugnisses unbedingt wesentlich sind die Abrundungsformen der Ziehwerkzeuge, also von Matrize und Patrize. In Abb. 13 bis 15 sind drei Matrizen- und Patrizeneinziehformen dargestellt. Abb. 13 zeigt das Fehlen jeder Abrundung; der Verlauf der Dehnung wird also bis Punkt a oder a', dem einer gleichseitigen Hyperbel entsprechend ansteigen und von a' plötzlich gleich groß bleiben, wie dies die strichpunktierte, später gestrichelte Linie in dem darunter befindlichen Diagramm erläutert. Die gleichseitige Hyperbel entsteht dadurch, daß ein Teilchen am äußeren Umfang bei dem Zusammenziehen der Ronde um ein kleineres Maß der Mitte zugeschoben wird als ein der Mitte näher gelegenes Teilchen. Aus der Gleichung gleicher Flächen ergibt sich nach der Guldinschen Regel dann der hieraus sich erklärende hyperbolische Verlauf.

Abb. 14 zeigt eine Einziehform, wie sie früher für die Weiterschläge gern verwendet wurde, heute aber nicht mehr üblich ist. Die Dehnung wird, wie im Diagramm, Abb. 13, durch die senkrecht schraffierte Fläche gekennzeichnet. Die Abweichung von der gleichseitigen Hyperbel findet im Punkt a' statt. Der ganze Zweig der Hyperbel wird bis zum Punkt b' gestreckt und verläuft von dort aus wie in Abb. 13 der wagerechte gleichbleibende Verlauf der Dehnung.

Um zu zeigen, wie diese Kurven entstehen, soll der dem in Abb. 14 oben gezeichneten Punkt A entsprechende Punkt A' im Diagramm gefunden werden. Man trägt die Strecke $x = \overline{aA}$ von dem dem Punkt a entsprechenden Punkt a' nach rechts ab. Dieser Abstand ist also der erste geometrische Ort für A'. Fällt man von A das Lot, das die Hyperbel im Punkte B trifft, so bildet den zweiten geometrischen Ort die durch den Punkt B laufende Wagerechte. In entsprechender Weise ist das Verfahren für Abb. 15 durchgeführt, wo es sich um eine Abrundung vom Halbmesser r handelt. Die Dehnung verläuft gleichmäßig; die große Abrundungsform ist heute die beliebteste Ziehform.

Die Dehnung des Werkstoffes in Abhängigkeit von der Abrundung ist mathematisch feststellbar[7]). In den folgenden Gleichungen bedeutet s die Dicke der Kartonnagentafel, D den Durchmesser der Matrizenbohrung und r die Abrundung der Matrize. Für die innere Werkstoff-Faser beträgt die Dehnung:

$$\varepsilon_i = \frac{D - 2\,s - \sqrt{2\,(D-s)^2 - 0{,}14\,(D+2\,r)^2 - 0{,}86\,(D-s)\,(D+2\,r)}}{\sqrt{2\,(D-s)^2 - 0{,}14\,(D+2\,r)^2 - 0{,}86\,(D-s)\,(D+2\,r)}} + \frac{1}{2\,\frac{r}{s}+1},$$

für die äußere Faser:

$$\varepsilon_a = \frac{D - \sqrt{2\,(D-s)^2 - 0{,}14\,(D+2\,r)^2 - 0{,}86\,(D-s)\,(D+2\,r)}}{\sqrt{2\,(D-s)^2 - 0{,}14\,(D+2\,r)^2 - 0{,}86\,(D-s)\,(D+2\,r)}} - \frac{1}{2\,\frac{r}{s}+1}.$$

Ähnliche Gleichungen lassen sich für die Abrundung des Stempels oder der Patrize an der unteren abgerundeten Kante aufstellen. Der Patrizendurchmesser ist hier mit D' bezeichnet. Die Gleichung für die innere Faser lautet:

$$\varepsilon_i{}' = \frac{\sqrt{2\,(D'+s)^2 - 0{,}14\,(D'-2\,r)^2 - 0{,}86\,(D'+s)\,(D'-2\,r)} - D'}{D'+s} - \frac{1}{2\,\frac{r}{s}+1},$$

für die äußere Faser:

$$\varepsilon_a{}' = \frac{\sqrt{2\,(D'+s)^2 - 0{,}14\,(D'-2\,r)^2 - 0{,}86\,(D'+s)\,(D'-2\,r)} - (D'+2\,s)}{D'+s} + \frac{1}{2\,\frac{r}{s}+1}.$$

Abb. 13 bis 15 Graphische Darstellung der Dehnungsverhältnisse bei verschiedenartigen Matrizen-Einziehformen und Abrundungen

Sobald einmal die ganze Frage der Dehnbarkeit des zu ziehenden Stoffes und der Reibungsverhältnisse beim Ziehen völlig geklärt ist, werden solche Formeln für die Ausbildung von beliebigen Konstruktionsformen für die Praxis recht wertvolle Dienste leisten.

Die Verwendung von Papier als Werkstoff

Die Verwendung des Papiers als Werkstoff ist außerordentlich vielseitig. Die erforderliche Festigkeit dürfte mittels hoher Drücke ohne praktische Schwierigkeiten immer erreicht werden. Ob diese Verfahren wirtschaftlich sind, ist allerdings eine andere Frage. Die Anlagekosten für die Verdichtung wachsen im Verhältnis zur hierdurch erreichten Festigkeitszunahme in weit höherem Maße. Man soll sogar versucht haben, Eisenbahnschienen auf diese Art und Weise herzustellen. Ob die geplante Anlage in der Praxis jemals ausgebaut worden ist, entzieht sich meiner Kenntnis. Eisenbahnräder aus Papierstoff sind hingegen mit gutem Erfolge verwendet worden. Der äußere Reifen ist hier aus Stahl und wird beim Aufziehen auf der Innenseite etwas kegelig gedreht, so daß der innere Durchmesser am Flansch 8 mm kleiner als der äußere

[7]) Vergl. „Die Holzbearbeitungsmaschine" 1926, Heft 23.

Abb. 16
Baukonstruktion aus Holz und Papiertafeln (Enso-Platten)

ist. Der hydraulische Preßdruck bei der Verdichtung betrug 200 t; nach längerem Trocknen wird der so erzeugte Block abgedreht.

Die Herstellung von Riemenscheiben aus Papiermasse ist eine amerikanische Erfindung. Der Erfolg besteht vor allen Dingen hier darin, daß solche Scheiben aus Papier eine größere Haftung als bei anderem Werkstoff haben, ein Gleiten wird also hier nach Möglichkeit vermieden.

Zahnräder aus Papierstoff zur Erreichung eines geräuschlosen Ganges, die man als Rohhautritzel bezeichnet, weil sie früher und teilweise heute noch aus gestanzten Lederabfällen hergestellt werden, bestehen aus einer lagenweisen Aufschichtung der Papierschichten, zuweilen mit, meist aber ohne Verleimung. Die beiden äußeren Seiten werden durch Bleche verkleidet. Der so erhaltene Körper wird gebohrt, durch eine Büchse oder Niete zusammengehalten und, nachdem man ihn auf einen Dorn aufgenommen hat, gefräst. Die außen liegenden Bleche selbst kommen hierbei nicht in Eingriff mit dem Gegenzahnrad, sondern dienen allein zum Zusammenhalten der Papierlagen und zum Vermeiden des seitlichen Ausweichens der Lagen. In der neuzeitlichen Fertigung von Papierzahnrädern ist man schon einen erheblichen Schritt weiter gekommen, indem man nämlich nicht mehr allein auf solche Ritzel gleicher Breite und Dicke angewiesen ist, sondern recht verschiedenartige Profile pressen kann.

Man kann am Gefüge erkennen, daß die dünneren Wände nicht stärker gedrückt werden als die dickeren, sondern daß der Zwischenraum zwischen den einzelnen Lagen überall derselbe ist und nur bei den größeren Wanddicken weitere Lagen zur Verdickung zugegeben sind. Die Gefügelinien zeigen, daß sie beim Übergang in einen dünneren Querschnitt sich nur zum Teil in diesem fortsetzen[8]). Bemerkenswert ist weiterhin, daß der Papierstoff nicht glatt, sondern in einer Form verwendet wird, die der der Kugelpapiere sehr ähnlich ist. Hierdurch wird eine spezifische Oberflächenvergrößerung und somit eine größere Verleimungsoberfläche und bessere Haftung erreicht. Fräsen kann man solche Räder nur mit scharfen Werkzeugen.

Die Papierstoffe verwendet man, wie bereits erwähnt, zur elektrischen Isolation, ferner zur Isolation gegen Wärme- oder Kälteeinflüsse und Geräusche. Die isolierenden Eigenschaften hat sich die Bauindustrie nutzbar gemacht und auch Papierstoffziegel für Bauzwecke in jeder gewünschten Form pressen lassen. Diese wurden nach dem Pressen getrocknet und mit einer wasserdicht machenden Lösung erhärtet. Die Oberflächen der Ziegel werden teilweise mit Anstrichen versehen, die Feuerschutz bieten sollen. Die Pappziegel haben sich offenbar wenig bewährt und sind heute kaum noch anzutreffen. Vermutlich ist der verhältnismäßig große Herstellungspreis hier ein Nachteil. An sich bieten natürlich solche Pappziegel für die Errichtung von Zwischenwänden schon infolge ihres geringen Gewichtes einen außerordentlich großen Vorteil, da die Grundmauern oder darunter liegende Deckenträger fortfallen können.

Auch in anderer Weise macht sich die Bauindustrie den Papierstoff nutzbar. Es sei hier nur z. B. auf den Papierstuck hingewiesen, der sich an Stelle von Gips durch ein geringes Gewicht und leichte Befestigungsmöglichkeit auszeichnet. Dieser Stuck läßt sich bequem bemalen und vergolden und findet in immer weiterem Umfang Anhänger.

Fußbodenbelag und Wandverkleidungen werden heute gleichfalls sehr gern aus Papierstoff hergestellt. Vor allen Dingen bilden diese Papptafeln einen heute unentbehrlichen Baustoff unserer neuzeitlichen Holzhausindustrie. Die mittels Papptafeln (Enso-Platten)[9]), Abb. 16, hergestellten Häuser sollen außerordentlich wärmedicht sein. Die Pappen müssen auf richtig eben geschnittene Hölzer aufgelegt werden, damit sie sich nicht werfen. Ebenso dürfen die Papptafeln nicht eher verlegt werden, bevor Holzwerk und Mörtel vollkommen ausgetrocknet sind. Bei Wänden, die starker Feuchtigkeit ausgesetzt sind, bestreicht man die Rückseite der Papptafeln mit Teer, Preolit oder Isolat, oder man legt auf die feuchte Mauer ein Asphaltpapier.

Gebäudekuppeln werden in Amerika teilweise aus Papier hergestellt, wobei die Papptafeln sich in Streifen von unten nach oben verjüngend geführt sind. Mehrere solcher Papierstreifen werden übereinander gelegt und verleimt. Die Kuppeln sind außerordentlich hart und widerstandfähig, vor allem, nachdem man sie durch Ölen, Asphaltieren und Firnissen wetterfest gemacht hat.

Rohre aus Papiermasse sind nicht nur zu Isolationszwecken verwendet worden, sondern man hat sie sogar zu Gas- und Wasserleitungen gebraucht. Sie werden durch Wickeln hergestellt. Durch verschiedene Verfahren werden die Rohre wasserdicht und widerstandfähig gemacht. Sie sind dann außerordentlich teuer und finden aus diesem Grunde nicht allzu häufige Verwendung. Die Vielseitigkeit der Herstellung von Gegenständen aus Papier zu technischen Zwecken zeigen Abb. 17 bis 21[10]).

Im weiteren Zusammenhang sind vor allen Dingen die Erzeugnisse aus Holzstoff zu nennen, die aus geschliffenem

[8]) Dieser Ausführung ähnlich, doch in ihrer Herstellung hiervon verschieden, sind die in letzter Zeit aus Kunstharzen und Textilgeweben gefertigten Zahnräder.

[9]) Vergl. Dr. Hegemann, „Der Städtebau" 1926, Heft 5.

[10]) Abb. 17 bis 21 zeigen mit Kunstharz verleimte Papierstoffe der Firma Hochvoltisolation, Dresden.

Abb. 17
Hartpapiertafel mit Hohlrippen

Abb. 18
Rohr mit großem Innendurchmesser für Isolationszwecke

Abb. 19
Doppelwandiges Rohr mit Stegen für elektrische Isolation

Holz hergestellt werden. Nachdem aus dem Holzschliff die Baumharze herausgezogen sind, wird dieser in breiigem Zustand in Formen unter sehr starkem hydraulischem Druck gepreßt. Die so entstandenen Körper, die sehr gleichmäßig dicht sind, werden mit Harz und Öl getränkt und bei Hitze gehärtet. Anschließend daran überzieht man die Gegenstände mit Lack, der bei hohen Temperaturen eingebrannt wird. Hierdurch werden die Gegenstände — es handelt sich hier in erster Linie um gepreßte — unempfindlich gegen Einwirkungen von heißem Wasser, Soda und Laugenlösungen. Die Dehnbarkeit des Stoffes ist im Gebrauchzustand verhältnismäßig groß. Der Holzstoff hat zwar keine große Druckfestigkeit, aber eine erhebliche Dauerhaftigkeit[11]); den Stoff verwendet man daher zu Haushaltgefäßen.

Schließlich sei noch auf den Pappenguß hingewiesen, ein Verfahren, das in der letzten Zeit vor allen Dingen im Auslande mehr und mehr angewendet wird. Die Erfindung des Pappengusses ist deutschen Ursprungs[12]). In eine mehrteilige Form wird ein dünner Zellstoffbrei gepreßt, der infolge des hohen Druckes sich gleichmäßig auf die Wandung verteilt und dessen Wassergehalt während des Trockenvorganges durch in der Form befindliche, feine porenartige Öffnungen abgeschieden wird. Die so erhaltenen Pappengußgegenstände zeigen deshalb äußerlich eine rauhe Oberfläche. Das Verfahren[13]) ist verhältnismäßig teuer, es hat sich nur teilweise für bestimmte Industrien eingeführt.

Man benutzt zwar Papier als Baustoff noch verhältnismäßig wenig, aber seine Verwendungsmöglichkeit ist so vielseitig, daß es berechtigt ist, an eine weitere Ausbreitung dieses Werkstoffes zu glauben, ohne daß man an einen minderwertigen Ersatzstoff, sondern an einen hochwertigen wertvollen Baustoff denkt. [B 73]

[11]) Die untere in Abb. 1 eingezeichnete Kurve ist von Material der Firma Gebr. Adt, Wächtersbach, aufgenommen. Zu beachten ist dort die verhältnismäßig große Dehnung, was auf große Dauerhaftigkeit rückschließen läßt.

[12]) Baumgärtner, Dr. Katz & Co., G. m. b. H., Spandau.

[13]) Münz, Pappengußverfahren, „Der Werksleiter" 1927 Heft

Abb. 20
Gedrehte Hartpapierkörper für elektrische Isolation

Abb. 21
Bearbeitete mit Kunstharz verleimte Papierstoffe. Von links nach rechts: Gebogene, gestanzte, gezogene, gefräste und gebohrte Werkstücke

Die zum Häuserbau in Berlin verwendeten natürlichen Gesteine

Berlin hat in seiner näheren Umgebung nur Kalkstein in Rüdersdorf oder Findlinge, die verschiedentlich zum Bau benutzt worden sind. Mit Zunahme des Wohlstandes bis zum Weltkrieg hatte man natürliche Gesteine aus verschiedenen Gauen Deutschlands sowie aus Frankreich und Schweden herbeigeschafft, so Sandsteine aus Schlesien, Sachsen, der Provinz Hannover, vom Main und aus Thüringen, Kalkstein aus Unterfranken, Thüringen und Frankreich, vulkanische Tuffe aus der Eifel und vom Nördlinger Ries in der Nähe der Donau, Granite aus Schlesien, Sachsen, Bayern und Schweden und schließlich Basalt und Granitporphyr aus der Eifel und von Beucha bei Leipzig. In einer Arbeit von O. Burre[1]) sind diese Gesteine und ihre Lagerstätten ausführlich beschrieben und die Berliner Gebäude angegeben, bei denen man sie eingebaut hat. Besonders berücksichtigt ist die Wetterbeständigkeit der Gesteine, weshalb die Arbeit auch über die hier eng gezogenen Grenzen hinaus Bedeutung hat. [N 202] W. S.

[1]) O. Burre, „Die wichtigsten an Berliner Bauten in der Außenarchitektur verwandten natürlichen Gesteine nach Art und Herkunft", Berlin 1926, Preußisch geologische Landesanstalt.

Kautschuk als Werkstoff

Von Prof. A. Schob, Abteilungsvorsteher im Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem

Grundzüge der Gewinnung und Verarbeitung von Kautschuk, seine wesentlichen Stoffeigenschaften und die zu ihrer Feststellung gebräuchlichsten Prüfverfahren.

Die weitgehende Verwendung des Motorwagens hat die Wichtigkeit des Kautschuks als Werkstoff weitesten Kreisen zum Bewußtsein gebracht; trotzdem ist die genauere Kenntnis der Entstehung des Kautschuks, seiner Verarbeitung, seiner Stoffeigenschaften sowie seiner sonstigen Anwendungsgebiete selbst in technischen Kreisen wenig verbreitet. Es dürfte daher für viele Ingenieure wertvoll sein, in großen Zügen dieses Gebiet an der Hand der folgenden Ausführungen zu durchstreifen.

Gewinnung und Verarbeitung

Eine Anzahl zur Familie der Wolfsmilchgewächse gehöriger, in den Tropen wachsender Pflanzen enthält in ihrem Milchsaft (Latex genannt) die Kautschuksubstanz in Form feiner Tröpfchen, die darin ähnlich wie das Fett in der tierischen Milch verteilt sind. Die wichtigste Kautschukpflanze ist die in verschiedenen Arten vorkommende *Hevea brasiliensis*, die Bäume bis zu 30 m Höhe in den Urwäldern des Amazonenstromes bildet. Sie ist nach Ostindien verpflanzt und dort plantagenmäßig angebaut. Während bis etwa 1914 die Hauptmenge des Kautschuks aus wildwachsenden Pflanzen stammte, hat seitdem der Anteil der ostindischen Pflanzungen an der Welterzeugung immer größere Bedeutung gewonnen und überragt jetzt bei weitem den Anteil des Wildkautschuks.

Zur Gewinnung des Latex werden in geeigneter Weise Schnitte in die Rinde der Kautschukbäume gemacht; der ausgetretene, in großen Behältern gesammelte Milchsaft wird dann zwecks Abscheidung der Kautschuksubstanz koaguliert. Der so gewonnene Rohkautschuk wird auf Waschwalzen gewaschen, zu Fellen ausgezogen und getrocknet. Die Felle werden eng zusammengepackt und kommen als Crepe in den Handel. Vielfach wird der Rohkautschuk in Anlehnung an die ursprünglich in den Urwäldern Brasiliens ausgeübte Gewinnung noch einem Räucherverfahren unterworfen und wird dann, in Platten zusammengepreßt, als „smoked sheets" gehandelt. Der Rohkautschuk bildet nun den wesentlichen Rohstoff für die Gummiwarenerzeugung; unmittelbar wird er technisch wenig benutzt, ist jedoch in den letzten Jahren als Schuhbesohlung beliebt geworden.

Für die meisten technischen Verwendungszwecke muß der Kautschuk vulkanisiert werden. Man unterscheidet zwei Arten der Vulkanisation: mit Schwefel (Heißvulkanisation) und mit Chlorschwefel (Kaltvulkanisation). Je nach der Menge des an den Kautschuk gebundenen Schwefels oder Chlorschwefels erhält man Weich- oder Hartgummi, und zwar liegt bei Weichgummi der Schwefelgehalt zwischen etwa 0,5 und höchstens 5 vH, bei Hartgummi etwa zwischen 15 und 32 vH (Höchstmenge, die vom Kautschuk gebunden werden kann). Kautschukwaren mit Schwefelgehalten zwischen etwa 5 und 15 vH sind für technische Verwendung ungeeignet. Gummi mit zu wenig gebundenem Schwefel ist untervulkanisiert, mit zu viel übervulkanisiert.

Sogenannte technische Artikel (zum Unterschied von chirurgischen u. ä.) werden, da eine Kaltvulkanisation nur bei ganz geringen Wanddicken möglich ist, fast ausschließlich heißvulkanisiert. Auf kräftigen Walzen (zwei glatten, wagerecht gelagerten, mit verschiedener Geschwindigkeit umlaufenden, heiz- und kühlbaren Walzen) oder in Knetmaschinen (ähnlich den weitverbreiteten Teig-Knet- und Mischmaschinen der Firma Werner & Pfleiderer, Kannstatt) wird der Rohgummi bei mäßiger Wärme geknetet (mastiziert), bis er genügende Plastizität zur Aufnahme des Schwefelpulvers aufweist. Ist die Mischung gleichmäßig, dann wird sie von den Walzen oder aus dem Kneter genommen; den jetzt sehr klebfähigen und wenig elastischen Stoff verarbeitet man nun grundsätzlich nach zwei verschiedenen Verfahren weiter zwecks endgültiger Formgebung.

Bei dem einen Verfahren wird die Mischung auf Kalandern (Zwei-, Drei- oder Vierwalzenkalandern) zu gleichmäßig dünnen Platten ausgezogen. Zur Erreichung größerer Dicken wird dann eine entsprechende Anzahl solcher Platten aufeinandergelegt, oder z. B. bei Schläuchen mit Gewebeeinlagen um Dorne gewickelt und a. m. Bei dem anderen Verfahren wendet man die Spritzmaschine an, auf der kleine Schläuche ohne Gewebeeinlage, aber auch Vollreifen hergestellt werden, indem ein Strang vom Profil des Vollreifens gespritzt wird, der, auf Länge geschnitten, auf die Stahlfelge aufgebracht wird. Nachdem nun die Mischung auf die genannten Arten mit mehr oder weniger Annäherung in die Form des fertigen Stückes gebracht ist, gibt man dem Stoffe die endgültige Form durch das eigentliche Vulkanisationsverfahren, d. h. die Bindung des Schwefels durch Hitze. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wendet man bei der „Heizung" Dampf von etwa 130 bis 145 ° an und läßt ihn je nach der Dicke der Gegenstände und der Art der Mischung wenige Minuten bis zu einigen Stunden lang einwirken. In der Regel wird der vorgeformte Gegenstand beim Vulkanisieren in eine zweiteilige eiserne Form gepreßt; auf Dorne gewickelte Schläuche werden nur mit einem Gewebeband stramm umwickelt. Freiheizen, d. h. ohne jede Einspannung, kommt selten vor. Nach dem Vulkanisieren oder Heizen hat nun der Gummi wesentlich andre Eigenschaften als vorher, er ist stramm, elastisch, klebt (außer wenn er stark untervulkanisiert ist) nicht mehr an den Schnittflächen und löst sich nicht mehr in den Kautschuklösungsmitteln wie Benzin, Benzol usw. Die Herstellung der Hartgummiwaren weicht in den Verfahren nicht wesentlich von der der Weichgummiwaren ab. Der eine Hauptunterschied liegt in der Stärke und Dauer der Heizung, der andre darin, daß man dem fertig vulkanisierten Stoff oft erst durch Bearbeiten mittels schneidender Werkzeuge die endgültige Form gibt.

Die Kaltvulkanisation ist nur an dünnwandigen Stücken möglich, weil sie nur von der Oberfläche aus erfolgt und so rasch verläuft (oft nur wenige Sekunden), daß Stücke, deren Wanddicke mehrere zehntel Millimeter übersteigt, auf der Oberfläche schon übervulkanisiert werden, ehe der Chlorschwefel überhaupt in das Innere eingedrungen ist. Solche dünnwandigen Gegenstände erhalten ihre Gestalt dadurch, daß eine Form (z. B. bei der Herstellung von Handschuhen eine Holzhand) in eine Lösung von Kautschuk in Benzin (oder andern geeigneten Kautschuklösungsmitteln) getaucht wird. Nach Verdunsten des Lösungsmittels läßt man den Chlorschwefel in Lösung oder in Dampfform einwirken (nahtlose, getauchte Gummigegenstände). Ein andres Verfahren, ganz dünne Kautschukplatten herzustellen, besteht darin, daß man den Rohkautschuk nach dem Kneten zu einem Block zusammenpreßt und ihn auf niedrige Temperaturen bringt, wodurch er härter wird; in diesem Zustande werden ähnlich wie bei der Herstellung von Furnierhölzern mit breiten scharfen Messern maschinell dünne Platten von großer Gleichmäßigkeit abgeschält. Aus diesen dünnen Platten werden je nach der beabsichtigten Form Abschnitte entnommen, nötigenfalls an den Rändern zusammengeklebt und dann mit Chlorschwefel vulkanisiert (sogen. Patentgummi, z. B. bei Eisbeuteln, Badehauben u. dergl.). Bei den weiteren Ausführungen mögen diese kaltvulkanisierten Gegenstände außer Betracht bleiben.

Bisher sind, um das Grundsätzliche der Herstellung zu zeigen, nur reine Kautschuk-Schwefel-Mischungen behandelt worden. Außer Schwefel werden aber dem Kautschuk noch verschiedene Stoffe, organischer und anorganischer Natur, zugemischt, die erheblichen Einfluß auf seine Eigenschaften, insbesondere seine Form-

Abb. 1
Kennzeichnende Last-Dehnungs-Schaulinien für Weichgummi

a und *b* reine Kautschuk-Schwefel-Mischungen
a bei Belastung, *b* bei Entlastung
c Kautschuk-Schwefel-Mischung mit Füllstoffen (nur Belastungslinie)

änderungsfähigkeit haben. Beim Hartgummi tritt dies nicht so sinnfällig in Erscheinung wie beim Weichgummi, auf den allein sich die zunächst folgenden Ausführungen beziehen.

Reine Kautschuk-Schwefel-Mischungen zerreißen beim Zugversuch erst unter einer Dehnung von etwa 800 bis 1000 vH der ursprünglichen Länge. Den Verlauf der Dehnungen und der zugehörigen Spannungen zeigt Linie *a*, Abb. 1. Ein so weicher Stoff wäre aber z. B. für Motorwagen-Vollreifen ganz unbrauchbar; man muß daher erhebliche Mengen Füllstoffe zusetzen, um die große Weichheit zu vermindern und eine Schaulinie etwa von der Art der Linie *c* zu erreichen. Während man früher durch solche Zusätze zwar die Dehnung verringerte, aber günstigstenfalls die Zerreißfestigkeit auf gleicher Höhe hielt, ist man in neuerer Zeit durch Anwendung gewisser hochdisperser Stoffe (insbesondere bestimmter Rußsorten) imstande, auch die Zerreißfestigkeit ganz wesentlich über die der reinen Kautschuk-Schwefel-Mischungen zu erhöhen. Es sei noch kurz darauf hingewiesen, daß die Bestrebungen, aus dem Latex unmittelbar Gummiwaren herzustellen, in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht haben. Vielleicht ist dieses Verfahren, das in primitiver Form schon bei Bekanntwerden des Kautschuks von den Eingeborenen Mittel- und Südamerikas ausgeübt wurde, das Verfahren der Zukunft.

Nach diesem Streifzug durch die Grundsätze der Herstellung von Kautschukwaren, wobei am Schluß schon die Stoffeigenschaften berührt wurden, ist es notwendig, sich etwas eingehender mit den Stoffeigenschaften selbst zu beschäftigen und dann auf die Verfahren und Geräte einzugehen, mittels deren die Prüfung von Kautschuk möglich ist.

Stoffeigenschaften und -prüfung

Die technisch wichtigsten Eigenschaften sowohl des Weich- wie des Hartgummis sind seine elektrische Isolierfähigkeit, seine abdichtende Wirkung gegen Wasser und Luft, seine geringe Empfindlichkeit gegen verschiedene chemische Einflüsse und bei Weichgummi, als wesentlichste Eigenschaft, die von keinem andern Stoff auch nur annähernd erreichte Größe der elastischen Formänderung. Trotzdem ist Weichgummi in Wirklichkeit recht unvollkommen elastisch. Die gestrichelte Linie b, Abb. 1, entsteht, wenn man die gedehnte Probe kurz vor dem Zerreißen wieder entspannt. Die unter *a* liegende Fläche gibt die aufgewendete Arbeit, die unter *b* liegende die wieder zurückgewonnene Arbeit, die zwischen *a* und *b* liegende Fläche also den Arbeitsverlust bei Be- und Entlastung a das Verhältnis der Fläche unter *b* zu der unter *a* i der elastische Wirkungsgrad. Ist diese unvollkommen Elastizität in vielen Fällen gänzlich belanglos, so i sie bei Bereifungen für Motorwagen und bei Puffern tei weise sogar nicht unerwünscht, da sie stoßdämpfer wirkt; man verlangt bekanntlich von einem guten Reife daß er kleinere Unebenheiten der Straße „verschluckt was bei vollkommener Elastizität nicht möglich wär

Von den Prüfverfahren, mittels deren man die wesen lichen mechanischen Eigenschaften von Erzeugnissen a Weichgummi feststellt, steht an erster Stelle der Zu versuch. Die große Formänderungsfähigkeit des Weic gummis nötigt zur Verwendung besonderer Probeforme und zwar ist als Grundform ein Ring von 4 × 6 mm Querschnitt und 44,6 mm innerem Durchmesser vo Deutschen Verbande für die Materialprüfungen d Technik angenommen. Dieser Ring entspricht dem fi den Kautschukprüfer von Schopper-Dalén, Abb. benutzten. Um den Ring auf die ganze Länge gleic mäßig zu dehnen und die Dehnung maschinell als En fernung der Einspannvorrichtungen aufzeichnen zu kö nen, läßt der Kautschukprüfer nach Schopper-Dalén d Ring während des Versuches über die drehbaren Ei spannrollen wandern. Ist der zur Verfügung stehen Versuchstoff zur Entnahme von ringförmigen Prob (auch geringerer Abmessungen) nicht geeignet, so mu man zu stab- oder streifenförmigen Proben (ähnlich d Flachstäben bei der Metallprüfung) greifen, bei den aber die Dehnungsmessung nur mittels Anlegemaßstab

Abb. 2
Kautschukprüfer nach Schopper-Dalén mit Schaulinienzeichner nach A. Schob

Abb. 3
Elastizitätsprüfer für Weichgummi nach A. Schob

Abb. 4
Zermürbungsprüfer für Weichgummi nach A. Martens

a Probekugel *b* Belastungsgewichte

möglich ist und die bei sehr dehnbaren Sorten fast ausschließlich in der Einspannung reißen und somit kein einwandfreies Ergebnis liefern.

Der Druckversuch hat bei Weichgummi als reine Güteprüfung keine Bedeutung, er kann aber in Sonderfällen als Abnahmeversuch brauchbar sein.

Als Maßstab für die Härte von Weichgummi dient die Eindrucktiefe einer mit 1000 g belasteten 10 mm-Stahlkugel.

Zur Bestimmung des elastischen Verhaltens kann man verschiedene Versuche ausführen. Etwas unbequem ist die Bestimmung der elastischen Hysteresis, d. h. des Verhältnisses der unter den Linien *a* und *b*, Abb. 1, liegenden Flächen. Einfacher ist die Messung des nach einer bestimmten Streckung verbleibenden Dehnungsrestes (üblich ist eine Streckung von 1 h auf halbe Zerreißdehnung und Messung des Dehnungsrestes 5 min und 24 h nach der Entspannung). Am einfachsten ist die Ermittlung der Stoßelastizität durch den Pendelhammer von Schob, Abb. 3. Als Proben werden die beim Stanzen der Normalringe entfallenden 6 mm dicken Abfallscheiben benutzt. Den Maßstab für die Elastizität bildet die an der Skala unmittelbar in Hundertsteln der Fallhöhe ablesbare Rückprallhöhe des auf die Probe, die leicht durch Blattfedern an den Amboß angedrückt ist, fallenden Pendels von 5 cmkg Arbeitsinhalt.

Bei Weichgummimischungen, die einer starken Arbeitsbeanspruchung unterworfen werden sollen (Vollreifen- oder Laufflächen von Luftreifendecken), ist der Zermürbungsversuch mit dem Zermürbungsprüfer Bauart Martens, Abb. 4, wertvoll. Der Versuch besteht darin, daß eine Weichgummikugel von 30 mm Dmr. unter einer Belastung, die in der Regel zwischen 50 und 75 kg liegt, in einer kreisförmigen Rinne umläuft. Die Hauptbeanspruchung tritt im Innern der Kugel auf; diese zerbröckelt unter starker Erwärmung im Innern (wird zermürbt) und platzt schließlich auf. Als Maßstab dient die Umlaufzahl bis zum Aufplatzen.

Sehr wichtig ist bei stark beanspruchten Weichgummistoffen die Kerbzähigkeit. Es ist aber bisher infolge der durch die große Formänderungsfähigkeit des Gummis bedingten Schwierigkeiten der Versuchsausführung noch nicht gelungen, ein einwandfreies Verfahren zur Bestimmung der Kerbzähigkeit zu finden.

Zur Ermittlung des Widerstandes gegen Abnutzung kann man mehrere Verfahren anwenden, bisher befriedigt aber noch keines vollständig. Dieser Mangel ist jedoch nicht von allzu großer Bedeutung, da sich aus den übrigen Versuchsverfahren, insbesondere dem Zugversuch mit Aufnahme der Lastdehnungslinie mit großer Wahrscheinlichkeit Schlüsse auf das Verhalten von verschiedenen Weichgummimischungen gegen Abnutzung ziehen lassen.

Die Festigkeitsuntersuchungen an Hartgummi sind wesentlich einfacher, da er ein bedeutend geringeres Formänderungsvermögen hat; ja man verzichtet sogar gern auf den Zugversuch, weil die verhältnismäßig hohe Sprödigkeit des Hartgummis Schwierigkeiten beim Einspannen der Zugproben verursacht. Statt des Zugversuchs führt man lieber den Biegeversuch aus, nötigenfalls ergänzt durch den Druck- und Kugeldruck-Härteversuch.

Der Hartgummi ist in seinen Stoffeigenschaften verhältnismäßig stetig; die unter Einwirkung von Licht leicht auftretende Verfärbung der Oberfläche hat keinen nennenswerten Einfluß auf die Festigkeits- und Formänderungseigenschaften. Anders liegen die Verhältnisse beim Weichgummi; er „altert", was in Form von Hart-, Rissig- und Brüchigwerden, manchmal auch von Leimigwerden auftritt. Chemisch sind diese Vorgänge, wie auch die Vulkanisation selbst, noch nicht völlig geklärt. Das Altern gänzlich zu verhindern, ist unmöglich, wohl aber weiß man, daß mehrere im praktischen Gebrauch leider oft unvermeidbare Einflüsse das Altern sehr begünstigen. In allerneuester Zeit hat man allerdings Stoffe gefunden, durch deren Zumischung der Kautschuk wesentlich widerstandfähiger gegen Alterung wird. Stark verkürzend auf die Lebensdauer von Weichgummi wirken Licht (besonders die kurzwelligen Strahlen), Sauerstoff, Wärme und die Kautschuklösungs- und Quellungsmittel. Ferner ist die Wahl des Rohkautschuks und der Mischung sowie das Maß der bei der Herstellung angewandten Sorgfalt von Einfluß auf die Lebensdauer. Die Eigenschaften, die ein Erzeugnis einer Gummifabrik kurze Zeit nach der Herstellung hat, lassen noch keinen sicheren Rückschluß darüber zu, ob diese Eigenschaften auch möglichst lange erhalten bleiben. Man hat sich daher vielfach bemüht, sich durch kurzfristige künstliche Alterungsversuche ein Urteil über die zu erwartende natürliche Alterung zu verschaffen, indem man verstärkte Einwirkung von Licht, trockener Wärme oder Sauerstoff anwandte; es ist aber noch nicht gelungen (und es ist zu bezweifeln, ob es jemals gelingen wird)[1], ein Verfahren

[1] Schob, Grundsätzliches über Kurzprüfungen von Anstrichstoffen „Farbenzeitung" 1926 S. 2608.

ausfindig zu machen, das mit Sicherheit in allen Fällen Grad und Schnelligkeit der natürlichen Alterung vorauszusagen gestattet.

Diese Alterung der Gegenstände aus Weichgummi verstärkt den Anfall von Altgummi, den man nach Möglichkeit wieder verwertet. Vor der Wiederverarbeitung wird der Altgummi „regeneriert". Der ursprünglich mit der Regeneration angestrebte Zweck, den Vulkanisationsschwefel vollständig aus dem Altgummi zu entfernen und ihm wieder die Eigenschaften von Rohgummi zu geben, ist nicht verwirklicht worden und kann schon deshalb nicht verwirklicht werden, weil der Vorgang der Bindung des Schwefels an Kautschuk nicht umkehrbar ist. Es gelingt aber immerhin, die Füllstoffe teilweise oder ganz (je nach Art des angewandten Regenerierverfahrens) zu entfernen und einen Stoff zu erzeugen, der sich ähnlich wie Rohkautschuk wieder verarbeiten läßt. Wenn auch Mischungen, in denen Rohkautschuk zum Teil oder ganz durch Regenerat ersetzt ist, nicht die gleichen Eigenschaften von entsprechenden Mischungen mit reinem Rohkautschuk erreichen, so sind sie doch für eine ganze Reihe von Anwendungen völlig ausreichend. Da durch die Wiederverarbeitung von Altgummi die Einfuhr von Rohgummi vermindert wird, haben die Regenerate auch unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten eine gewisse Bedeutung. [B 118]

Die Werkstoffbewegung beim Schweißen

Die Untersuchung der Werkstoffbewegung beim elektrischen Schmelzschweißen ist eine der wichtigen Forschungsaufgaben, die der Fachausschuß für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure sich gestellt hat. Ansätze zu Versuchen mit kinematographischen Aufnahmen sind in jüngster Zeit bei uns bereits vorhanden; die Amerikaner scheinen brauchbare Versuchsergebnisse zu haben. Bei der Chicago Steel & Wire Co.[1]) sind Zeitlupenaufnahmen von Schweißlichtbogen gemacht worden, die den Vorgang des Niederschmelzens mit beachtenswerter Deutlichkeit zeigen. Die Schwierigkeiten der Aufnahmen waren wegen der übermäßigen Helligkeit des Lichtbogens groß, die Vorversuche bis zur Sichtbarmachung des Metallflusses dauerten über ein Jahr. In planmäßiger Folge vom Ultraviolett durch das sichtbare Spektrum bis zum Infrarot wurden Aufnahmen mit einfarbigem Licht gemacht. Erst im infraroten Lichte zeigte sich das Bild des Metallflusses. Nun ist aber das gewöhnliche Filmband für infrarote Strahlen nicht empfindlich. Man griff daher auf Versuche zurück, die bereits im Kriege zu dem Zweck, Aufnahmen von Gegenständen auch bei Nebel, Rauch usw. durchzuführen, gemacht waren. Der damals entwickelte Film war nur für infrarote Strahlen empfindlich. Bei der Prüfung der Anwendungsmöglichkeit für Schweißaufnahmen wurde eine Spektraluntersuchung des Schweißlichtbogens vorgenommen und danach ein brauchbarer Film angefertigt.

Abb. 1 zeigt eine Aufnahme des Schweißlichtbogens einer Eisenelektrode in sichtbarem Licht. Von einem Erkennen des Metallflusses ist keine Rede. Abb. 2 bis 4 zeigen Aufnahmen mit infrarotem Licht. Der Lichtbogen ist nur kurz gehalten. Der Vorgang verläuft ruckweise. Der geschmolzene Werkstoff des Stabes fließt auf das Werkstück, der Lichtbogen geht aus, der Tropfen reißt ab, und der Lichtbogen entsteht wieder. Dies Spiel läuft so schnell ab, daß erst Zeitlupenaufnahmen den Vorgang im einzelnen erkennen lassen. Die amerikanischen Forscher haben nun den Einfluß der Zusammensetzung des Schweißstabes auf den Werkstoffübergang untersucht, desgleichen den Unterschied bei nackten und umhüllten Stäben. Nähere Einzelheiten werden hierüber nicht mitgeteilt. Es wird empfohlen, zum Erreichen einer guten Schweiße den Lichtbogen kurz zu halten und auf Entstehung kleiner Schmelztropfen hinzuarbeiten. [M 289] Adr.

[1]) „The Welding Engineer" Bd. 12 (1927) S. 25.

Abb. 1
Aufnahme des Schweißlichtbogens in sichtbarem Licht

Abb. 2 bis **4**
Aufnahmen des Schweißlichtbogens in infrarotem Licht, drei verschiedene Zustände des Abschmelzens

Die Gefahren der Schwingungsbeanspruchung für den Werkstoff

Von Reichsbahnrat Dr.-Ing. Kühnel, Berlin

Vorgetragen in der Sitzung des Schwingungsausschusses im Verein deutscher Ingenieure am 25. und 26. März 1927 in Braunschweig

An einer Reihe von Beispielen aus der Sammlung der mechanisch-technischen Versuchsanstalt des Eisenbahn-Zentralamtes wird nachgewiesen, wie gefährlich eine Schwingungsbeanspruchung dem Werkstoff werden kann, wenn zusätzliche Einwirkungen in irgendeiner Form im Betriebe auftreten. Diese zusätzlichen Einwirkungen können bestehen in an sich belanglosen Fehlern, in Druckeinwirkungen, wobei besonders Keilbefestigungen als gefährlich gelten müssen, in schlechten Aufschweißungen oder Oberflächenverletzungen und schließlich auch in zusätzlichen Belastungen an gewissen Stellen des Querschnitts.

Im Eisenbahnbetriebe sind die Konstruktionsteile immer Schwingungen ausgesetzt, sowohl im fahrenden Zug als auch im Oberbau und in der Brücke. Die Werkstoffprüfung versucht nun, das Verhalten des bewegten Werkstoffes unter Schwingungsbeanspruchung auch im Laboratorium zu ergründen. Meistens arbeiten die Maschinen nur mit ruhender Last, vereinzelt ist aber auch schlagartige Beanspruchung angewendet. Eine solche wird mit der Dauer-Schlagprüfmaschine von Krupp[1]) erreicht. Nach Beendigung des Versuchs liefert die Probe ein ganz eigenartiges Bruchbild, das man als Dauerbruch bezeichnet, Abb. 1. Gegenüber der Auftreffstelle des Schlages beginnt die Außenzone allmählich einzureißen. Die Bruchflächen des Risses, die zuerst ein körniges Aussehen haben, arbeiten gegeneinander und schlagen sich glatt. Allmählich geht der Bruch immer tiefer in die Probe hinein, die einzelnen Zonen seines Fortschreitens zeichnen sich aber meist ganz gut ab. Schließlich bricht der Querschnittsrest glatt durch und zeigt an dieser Stelle einen körnigen Bruch. Aus dem Anteil, den der körnige Bruch an der Bruchfläche hat, läßt sich bereits ein Urteil auf die Zähigkeit des Werkstoffs abgeben. Je kleiner dieser körnige Anteil ist, desto mehr hat der Werkstoff unter Schwingungsbeanspruchung dem schlagartigen Lastangriff Widerstand geleistet.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 346.

Man kann also aus dem Bruchaussehen heraus gewissermaßen die Geschichte der Entstehung des Bruches rückwärts verfolgen. Werden nun Brüche ähnlicher Art aus dem Betrieb geliefert, so ist man in der Lage, auf ähnliche Bruchursachen zu schließen. Die Entstehung läßt sich bis zu dem Punkte zurückverfolgen, an dem der Bruch begann, und man kann weiter durch Gefügeprüfung feststellen, ob der Werkstoff an dieser Stelle ein fehlerhaftes Aussehen hatte. Durch mechanische Prüfungen ist ferner zu ermitteln, ob er den vorgeschriebenen Bedingungen überhaupt entsprach oder nicht. Finden sich Fehler, so ist die Ursache der Bruchentstehung hiermit aufgeklärt. Es kommt aber auch vor, daß die mechanischen Eigenschaften und der Aufbau den Bedingungen entsprechen und daß an sich ganz unbedeutende örtliche Fehler an Stellen, die einer nennenswerten Beanspruchung nicht ausgesetzt sind, genügen, um unter Schwingungsbeanspruchung einen Bruch einzuleiten. Mitunter lassen sich nicht einmal Gefügefehler feststellen, und irgendwelche zusätzliche Betriebsbeanspruchungen haben die Veranlassung zur Einleitung eines Dauerbruches gegeben. An einer Reihe von Beispielen aus dem Betrieb, und zwar an Kupplungs- und Schienenlaschen, an Achsen, Treibzapfen, Kolbenstangen und Radreifen, soll die Entstehung solcher Brüche beschrieben werden, um zu zeigen, wie der Werkstoff unter Schwingungsbeanspruchung bei irgendwelchen zusätzlichen Veranlassungen gefährdet ist.

Kupplungen sind im Betriebe starker Schwingung unter schlagartiger Belastung ausgesetzt. Solange der Zug in Bewegung ist, arbeitet die Kupplung, und die Wagen bewegen sich immer etwas gegeneinander, besonders bei Güterzügen. Am schlimmsten ist jedoch die Beanspruchung der Kupplungen beim Verschieben, wo von einer längeren Wagenreihe nur einige abgestoßen und die übrigen dann plötzlich wieder abgebremst werden. Etwaigen Überbeanspruchungen soll nun dadurch Rechnung getragen werden, daß der Querschnitt der Laschen so berechnet ist, daß er in solchen Fällen bricht. Leider traten nun mehr solcher Laschenbrüche auf, als erwünscht war, und zwar vornehmlich im Schaft und am Übergang zum Auge, Abb. 2. Die Schaftbrüche hatten besondere Ursachen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Die Augenbrüche waren dagegen fast ausnahmslos sogenannte Dauerbrüche, Abb. 3, und zwar entwickelte sich der Bruch von außen her. Die Ursache war eine an sich ziemlich belanglose Wellung oder Überfaltung, die beim Schmieden an diesen Querschnittübergängen vom breiten Auge zum

Abb. 1
Kennzeichnendes Dauerbruchbild

Abb. 2
Brüche an Kupplungslaschen. Der Pfeil weist auf die Ausgangstelle (außen) des Bruches hin.

Abb. 3
Dauerbruch am Auge einer Kupplungslasche; vergl. Abb. 2, mittlere Lasche

Abb. 4. Bruch an der Kröpfung einer Schienenübergangsstelle

Schaft entsteht. Diese an sich unbedeutende Oberflächenveränderung genügte, um bei der starken Beanspruchung, der die Kupplung ausgesetzt ist, den Bruch einzuleiten.

Einen ganz ähnlichen Fall fand man bei einer Schienenübergangslasche. Diese Übergangslaschen sind gekröpft, und an der Kröpfungsstelle entwickelte sich der Bruch, Abb. 4. Auch hier waren unbedeutende Oberflächenveränderungen die Ursache zur Entwicklung eines Dauerbruches, Abb. 5. Die Kröpfung dieser Übergangslasche ist notwendig, weil sie an solchen Stellen angesetzt wird, wo Schienen verschiedener Profilhöhen gegeneinander stoßen. Selbstverständlich ist die Biegebeanspruchung einer solchen Lasche auch erheblich stärker als die einer normalen Lasche.

Bisher waren es Fehler der Außenzone, die zur Einleitung des Bruches geführt hatten. Ich komme jetzt zu Fehlern, die im Innern vorhanden sind, und zwar in oder nahe der neutralen Faser, wo die Beanspruchung des Werkstoffs rechnerisch gering ist. Abb. 6 zeigt einen Zapfenbruch, bei dem im Innern eine härtere und sprödere Entmischungsstelle lag. Sie war im Längsschliff deutlich erkennbar und erwies sich auch bei der Härteprüfung als wesentlich härter. Hier ist zunächst ein Riß entstanden, und dieser Riß hat sich immer weiter nach außen hin entwickelt, bis schließlich der Zapfen brach. Es ist auffallend, wie wenig Querschnitt am Schluß noch genügte, um die Beanspruchung des Betriebes noch aufzunehmen. Der Werkstoff an sich war also genügend zäh und fest. Der nächste Zapfen hatte in der Mitte einen kleinen Längsriß, Abb. 7. Durch Schattenwirkung sieht der Riß, Abb. 7, wesentlich größer aus als er war. Von diesem Längsriß wieder bildete sich zunächst ein kleiner Querriß aus, und dieser Querriß erweiterte sich immer mehr, bis schließlich der Zapfen brach.

Abb. 5
Dauerbruchbild der Schienenlasche, Abb. 4.
Der Bruch geht wie in Abb. 1 bis 3 von außen aus.

Abb. 6. Dauerbruch an einem Kuppelzapfen, ausgegangen von einer härteren und spröderen Entmischungsstelle im Innern.

Abb. 7
Zapfenbruch, ausgegangen von einem Längsriß in der Mitte.

Abb. 8 soll einen etwas gröberen Fehler zeigen, der jedoch der Eigenart seiner Entwicklung wegen noch mit in die Betrachtung aufgenommen werden mag. Hier waren in drei verschiedenen Ebenen Schmiederisse vorhanden; jeder dieser Risse bildete einen Dauerbruch aus, und erst nachdem jeder dieser Dauerbrüche eine gewisse Größe erreicht hatte, sprang der Bruch von der Querebene in die Längsebene über und verband die einzelnen Fehlstellen miteinander. Innenbrüche sind besonders gefährlich, weil es unmöglich ist, sie bei einer Überholung des betreffenden Fahrzeuges, sei es Wagen oder Lokomotive, zu erkennen, während ein von außen beginnender Dauerbruch an lebenswichtigen Teilen der Fahrzeuge meist schon bei der Instandsetzung in den Werkstätten erkannt wird, ehe er eine gefährliche Ausdehnung annimmt.

Bei den bisherigen Betrachtungen lagen immer noch Fehler des Werkstoffes zugrunde, die an sich zwar unbedeutend waren, aber doch als Bruchursache wirkten. Ich komme jetzt zu anderen nachträglichen oder zusätzlichen Beanspruchungen, die einen Bruch des Werkstoffs herbeigeführt haben. Da sind es zunächst die Auf-

Abb. 8. Dauerbruch an einem Kurbelzapfen, ausgegangen von Schmiederissen in drei verschiedenen Formen.

Abb. 9
Bruch einer Wagenachse mit Aufschweißstellen (Stichflammenwirkungen)

Abb. 10
Bruch einer Kolbenstange mit Aufschweißstelle (Lastwechselbeanspruchung)

schweißungen, die anscheinend besonders sorgfältig durchgeführt werden müssen, wenn der Werkstoff einem Lastwechsel oder einer Schwingungsbeanspruchung ausgesetzt ist. Die Achse eines D-Wagens brach an zwei Stellen im Nabensitz während der Fahrt, Abb. 9. Die Achse hatte man an diesen Stellen, an denen der Querschnitt durch Abnutzung verringert war, aufgeschweißt. Nun ist an sich die Beanspruchung einer Wagenachse im Betriebe gering. Sie hat eigentlich lediglich nur den Abstand zwischen beiden Rädern festzuhalten. Allerdings dürfte damit zu rechnen sein, daß sie unter ihrem eigenen Gewicht bei der Länge der Auflagerung von etwa 1 m erhebliche Schwingungen vollführt. Hierzu können Verdrehungsschwingungen durch Schlupfbewegungen kommen. An der Aufschweißstelle waren nun anscheinend unter der Wirkung von Stichflammen beim Erwärmen zum Schweißen nachteilige Wärmewirkungen eingetreten, die an verschiedenen Stellen kleine Dauerbrüche einleiteten.

Abb. 10 zeigt die Aufschweißung einer Kolbenstange. Hier ist eine besonders starke Lastwechselbeanspruchung, Zug-Druck, anzunehmen, und nur sehr sorgfältig ausgeführte Schweißungen werden hier standhalten. In allen anderen Fällen kann man im Längsschnitt erkennen, daß sich kleine Risse ausbilden, die merkwürdigerweise dann ohne weiteres in den an sich gesunden Werkstoff übergehen und einen Bruch herbeiführen. Der Werkstoff der Kolbenstangen selbst erwies sich in allen Fällen als einwandfrei.

Einen besonders eigenartigen Fall äußerer Einwirkung als Bruchursache zeigt Abb. 11. An einem Treibstangenschloß war ein Bruch entstanden, und zwar an der Stelle, an der auf dem Querschnitt ein Schmierbehälter aufgebracht wird. Gegen die Zeichnungsangabe, die etwa ein Drittel der Lochtiefe angab, hatte der Arbeiter fast durchgebohrt. An dem einen Bohrloch war eine unmittelbare Oberflächenverletzung herbeigeführt, abgesehen davon, daß

Abb. 11. Dauerbruch an einem Triebstangenschloß. Die Bohrlöcher sind zu tief gebohrt. Der Bruch ist von einer äußeren Beschädigung unten am linken Loch ausgegangen.

Abb. 12. Einseitiger Dauerbruch

Abb. 13. Doppelseitiger Dauerbruch
Abb. 12 und 13
Achsbrüche, ausgegangen von Keilnuten.

Abb. 14
Einseitiger Dauerbruch

Abb. 15. Doppelseitiger Dauerbruch

Abb. 14 und 15
Brüche an Kolbenstangen, ausgegangen von der Keilnut.

natürlich durch die vertiefte Bohrung auch eine erhöhte Querschnittschwächung herbeigeführt wurde. Die Oberflächenbeschädigung genügte, um in dem Treibstangenquerschnitt einen Dauerbruch einzuleiten, dessen allmähliches Fortschreiten in den einzelnen Zonen auch hier deutlich erkennbar ist, ebenso sein Ausgangspunkt an der Beschädigungsstelle. Auch hier war die vorgeschriebene Festigkeit von 50 bis 60 kg/mm² mit 56 kg/mm² gut eingehalten, genügende Dehnung war vorhanden, was man auch daran erkennen kann, daß sich der Dauerbruch über einen beträchtlichen Teil des Querschnitts erstreckte, ehe die Treibstange endgültig brach.

Besonders gefährlich für die Haltbarkeit des Werkstoffes unter Lastwechsel und Schwingungsbeanspruchung scheinen unter gewissen Umständen Keilbefestigungen zu sein. Abb. 12 und 13 zeigen zwei Dauerbrüche von Achsen, die von der Keilnut ihren Ausgang genommen haben, und zwar einen einseitigen Dauerbruch, Abb. 12, und einen doppelseitigen Dauerbruch, Abb. 13, der fast genau so aussieht, als hätte man die Achse unter eine große Prüfmaschine gelegt und sie durch Dauerschlag geprüft. Man hat früher angenommen, daß eine zu scharfe Ausfräsung der Keilnut hier kerbähnlich wirkte, aber eine solche Kerbwirkung müßte sich eigentlich mehr in konzentrischen Längsbrüchen als in Querbrüchen auswirken. Die Bruchursache wird wahrscheinlich eher darin liegen, daß durch den Keil in der Keilnut die einzelnen Fasern über die Streckgrenze hinaus beansprucht werden, und daß dann vornehmlich an solchen Stellen, an denen der Keil etwas frißt und eine Oberflächenbeschädigung herbeiführt, die Veranlassung zur Ausbildung eines Dauerbruches gegeben ist.

Daß diese Annahme wahrscheinlich ist, beweisen die Dauerbrüche an Kolbenstangen. Die Kolbenstange hat in ihrem hinteren Teil eine ziemlich große Keilnut, in die ein entsprechend großer Keil eingetrieben wird. An diesen Stangen beobachtet man nun ebenfalls verhältnismäßig häufig Dauerbrüche, die von der Keilnut an der Keilanlagefläche ausgehen. Abb. 14 zeigt einen solchen Dauerbruch einseitig, Abb. 15 doppelseitig ausgebildet. In beiden Fällen sind die einzelnen Zonen des Dauerbruches besonders gut erkennbar.

In den Rahmen dieser Betrachtungen fällt noch der ebenfalls mehrfach erfolgte Bruch von Hängeeisen des sogenannten Bisselgestells. Die Laufachsen gewisser Lokomotivsorten, im vorliegenden Fall der G 8, sind deichselähnlich geführt, um möglichst freies Spiel beim Durchlaufen der Kurven zu haben. Die Deichsel liegt in Bügeln in den Hängeeisen auf besonderen Auflagekeilen auf. Abb. 16 zeigt diese Hängeeisen nebst der Bruchstelle. Der Werkstoff selbst war hier Flußstahl mit sehr hoher Zähigkeit. Rechnerisch ist nach Angabe der in Frage kommenden Direktion die Belastung des Hängeeisens mit 11 t anzusetzen. Nach dem Ergebnis der Zugfestigkeitsprüfung vertrüge der Querschnitt 90 t und, wenn man nur mit der Streckgrenze rechnen will, etwa 50 t. Also trotz 4½facher Sicherheit brach das Hängeeisen. Der Bügel nebst Auflagekeil hat stark in dem Hängeeisen gearbeitet, so daß sich seine Umrisse auf der Seitenwand unmittelbar abzeichneten. Die Oberflächenverletzung hat anscheinend wiederum unter der Wechselbeanspruchung genügt, um den Bruch beiderseitig ganz allmählich in Form eines Dauerbruches, Abb. 17, herbeizuführen.

Durch zusätzliche Druckbeanspruchung kann auch ein ganz harter Werkstoff zu Bruch gebracht werden. Abb. 18 zeigt einen Radreifenquerschnitt, dessen Werkstoff eine Festigkeit von rd. 90 kg/mm² hat und bei dem ein Dauerbruch an einer ganz bestimmten Stelle sich ausbildete, um alsbald zu einem endgültigen Bruch zu führen. Bei der höheren Sprödigkeit, die dieser Werkstoff hat, ist im

Abb. 17
Bruchstellen des Hängeeisens, Abb. 16

Abb. 16
Doppelter Dauerbruch am Hängeeisen für die Deichsel eines Bisselgestelles

Abb. 18

Abb. 19

Abb. 18 u. 19
Dauerbruch eines Radreifens, ausgegangen von einer Druckstelle an der inneren nicht richtig ausgeführten Abdrehung.

Abb. 19 zeigt mehrere solcher Druckstellen.

Gegensatz zu früheren Abbildungen der Anteil der Fläche des Dauerbruches klein, der des Endbruches groß. Der aufgezogene Radreifen war innen nicht richtig abgedreht, er hatte anscheinend im abgedrehten Zustande längere Zeit auf dem Hof gestanden und war angerostet. Jedenfalls kamen nur einzelne bevorzugte Stellen zur Anlage, die in Abb. 19 blank erscheinen. Der hier offenbar vermehrte Druck genügte, um einen Dauerbruch herbeizuführen.

Zum Schluß seien noch weitere Beispiele angeführt, bei denen eine zusätzliche Druckbeanspruchung nicht erkennbar ist. Eine Treibstange einer T 20-Lokomotive brach im Querschnitt durch, Abb. 20 und 21. Ein Versehen bei der Auswahl des Werkstoffes war hier allerdings unterlaufen, insofern, als nur eine Zugfestigkeit von 44 kg/mm² ermittelt werden konnte, während man für solche Stangen 50 bis 60 kg/mm² an Festigkeit vorschreibt. Anscheinend hat sich dieser etwas weichere Werkstoff nun auch im Betriebe stärker durchgebogen und war damit einer erhöhten Schwingungsbeanspruchung ausgesetzt, die den Bruch von der Außenzone her herbeiführte. Der Dauerbruch ist ganz allmählich vor sich gegangen, Abb. 22. Die verschiedenen Zonen füllen einen großen Teil des Bruchquerschnittes aus, und erst ganz zuletzt muß die Kuppelstange endgültig zerbrochen sein.

Bei einem ganz den Bedingungen entsprechenden Werkstoff hat zusätzliche Schwingungsbeanspruchung ebenfalls zum Bruch geführt, Abb. 23. Der Bruch ist als Dauerbruch bis zur Hälfte des Querschnitts ausgebildet. Umgeben ist die Bruchstelle von einer Lötmasse aus Lagermetall. Versuchsweise war auf die Achse ein Antriebrad aufgelötet worden, von dem aus ein Riemen einen Motor für die elektrische Beleuchtung des Wagens antreiben sollte. Die Gefügeuntersuchung erwies, daß die Lötung den Aufbau nicht nachteilig beeinflußt hatte. Festigkeit und Dehnung waren ebenfalls bedingungsgemäß, und trotzdem war der Bruch erfolgt. Man kann nur annehmen, daß durch das zusätzliche Gewicht die Achse in ihren Schwingungen so nachteilig beeinflußt wurde, daß eine Überbeanspruchung der Außenzonen auftrat. [B 320]

Bruchstelle

Abb. 20 und 21
Gebrochene Kuppelstange aus Stahl von zu geringer Festigkeit

Abb. 23
Dauerbruch einer Achse, ausgelöst durch reine zusätzliche Schwingungsbeanspruchung.

Abb. 22
Dauerbruch der Kuppelstange, Abb. 20 und 21

Die Veredlung des Gußeisens

Von Prof. Dipl.-Ing. U. Lohse, Hamburg

Schwierigkeiten der Graugußherstellung — Die verschiedenen Untersuchungsverfahren — Gefügeaufbau — Verfahren von Walter, Dürkopp-Luyken-Rein, Maschinenfabrik Eßlingen, Diefenthäler-Lanz, Wüst, Emmel-Thyssen, Corsalli, Dechesne

Der neuzeitliche Maschinenbau stellt an die von ihm verwendeten Rohstoffe und Zwischenerzeugnisse Anforderungen, wie sie hinsichtlich ihrer Gleichartigkeit und Güte früher nicht im entferntesten verlangt wurden. Neben den Gründen hierfür, die in der wirtschaftlicheren Ausnutzung der Energiequellen liegen und auf den Fortschritten technisch-physikalischer und chemischer Erkenntnisse beruhen, stehen heute die der Fertigung. Sie neigt zu einer sehr starken Mechanisierung, bei der nur Werkstücke bester und gleichmäßiger Beschaffenheit einen wirtschaftlichen Erfolg mit erstklassigem Enderzeugnis gewährleisten können.

Ganz besonders schwierig ist es aber, diese hohen Ansprüche bei den Erzeugnissen der Graugießerei zu erfüllen, weil das ganze Schmelz-, Form- und Gießverfahren sehr verwickelt ist und zudem noch von sehr vielen Händen und Köpfen beeinflußt wird. Außerdem ist der Erfolg in vielen Fällen noch von allerlei nicht vorauszusehenden Zufälligkeiten abhängig.

Das Gußerzeugnis soll eine glatte Oberfläche haben, keine Gußnähte zeigen und möglichst wenig bearbeitet zu werden brauchen, nötigenfalls wird nur eine geringe Zugabe an den Stellen gestattet, an denen eine Bearbeitung sich nicht umgehen läßt. Man wünscht ein durchweg gleichmäßiges und feinkörniges Gefüge ohne jede Spur von Durchlässigkeit und nicht zuletzt hohe Festigkeitseigenschaften bei großer Weichheit, damit es leicht bearbeitbar ist. Allen diesen Anforderungen müßte ein ideales Gußerzeugnis entsprechen. Wenn auch ein solches Idealerzeugnis heute noch nicht immer erreicht wird, so hat die Wissenschaft in der Eisengießerei in den letzten Jahren doch solche Fortschritte aufzuweisen, daß es in absehbarer Zeit wohl möglich sein wird, die einzelnen Verfahren im voraus so zu leiten, daß ein Gußstück mit einer gewissen Sicherheit die Eigenschaften aufweist, die es für seinen Verwendungszweck haben muß.

Gußeisen ist eine leicht vergießbare Legierung[1]) des Elementes Eisen mit Kohlenstoff, dessen Anteil zwischen 2,2 und 4,2 vH liegt. Ihr beigemengt finden sich einige andre Elemente, wie Silizium (0,5 bis 4 vH), Mangan (0,5 bis 4 vH), Phosphor (0,1 bis 2 vH) und Schwefel (0,01 bis 0,05 vH). Von entscheidender Bedeutung für die Festigkeitseigenschaften dieser Legierung sind Menge und Form ihres Kohlenstoffanteils. Das Gußeisen bleibt hinsichtlich seiner Festigkeit hinter der anderer technischer Eisensorten erheblich zurück, nur seine Druckfestigkeit ist höher; ganz erheblich geringer ist dagegen seine Zähigkeit, ein Grund, der seine Verwendungsmöglichkeit erheblich beschränkt.

Sieht man in diesem Zusammenhang zunächst einmal von dem Einfluß der Form- und Gießtechnik, die selbstverständlich die Güte des Gußerzeugnisses entscheidend mit bedingt, ab, so bleibt der Rohstoff selbst, d. h. das flüssige Eisen in der Gießpfanne, als Grundlage des Werkstoffes eines Gußstückes zu betrachten, dessen Zusammensetzung durch das Gattieren verschiedener Roheisensorten mit Brucheisen bis zu einem gewissen Grade dem späteren Verwendungszweck des fertigen Gußstücks angepaßt werden kann.

Es ist daher verständlich, daß man bisher der Gattierungsfrage in erster Linie seine Aufmerksamkeit zugewandt hat. Silizium und Mangan sind die beiden Elemente, die von maßgebendem Einfluß auf die Bildung der verschiedenen Kohlenstoffarten bei der Abkühlung des Gußstückes sind, ihren Anteil suchte man, der Wanddicke entsprechend, zu gestalten. Die verfügbaren Roheisensorten und Gußbrucharten so zu gattieren, daß das Enderzeugnis den gewünschten Gehalt an diesen Elementen hatte, war die Kunst des Gießers. Dabei hatte er noch die schwierige Aufgabe, dafür zu sorgen, daß die unangenehmen Begleiter der Eisenlegierung: Phosphor und Schwefel, in den zulässigen Grenzen blieben. Der Phosphorgehalt muß bei höher beanspruchten Teilen möglichst niedrig sein, während der Schwefelgehalt in allen Fällen so stark wie irgend möglich gesenkt werden muß.

Während es früher dem alten Praktiker auf Grund seiner langen Erfahrung gelang, die Güte seines Gusses nach dem Bruchaussehen zu beurteilen, genügte diese Prüfung nach dem Augenschein nicht mehr, sobald die Beurteilung auf Grund zahlenmäßiger Hundertsätze der einzelnen Teile der Eisenlegierung verlangt werden mußte, was der Fall war, als man zu der wissenschaftlichen Erkenntnis ihrer Bedeutung für die Eigenschaften des Eisengusses durchgedrungen war. Es folgte als zweiter Abschnitt der Gußprüfung die chemische Analyse, nach der nunmehr die Gattierung der Rohstoffe und die Prüfung des fertigen Erzeugnisses hinsichtlich seiner Zusammensetzung nach einzelnen Elementen vorgenommen wurde. Aber auch die chemische Prüfung allein genügt heute nicht mehr, um die Eigenschaften mit Sicherheit zu erkennen, die der Maschinenbau von den Erzeugnissen der Eisengießerei verlangt, und festzustellen, in welcher Richtung man vorgehen muß, um sie seinen Erfordernissen möglichst entsprechend zu gestalten. Maßgebend für sie ist neben dem verhältnismäßigen Anteil der Einzelelemente an der Legierung die Art und Weise der Kristallisationsvorgänge, die sich während der Abkühlung und Erstarrung des Gußstücks abspielen. Sie zu erkennen wurde erst durch das dritte und neueste Untersuchungsverfahren, die Metallographie, möglich gemacht. Seit ihrer Einführung ist die Erkenntnis vom Wesen und Einfluß des Gefügebaues schon in wenigen Jahren ganz außerordentlich gefördert worden, und es steht zu erwarten, daß uns die Metallographie in Verbindung mit den vervollkommneten Festigkeitsprüfverfahren in absehbarer Zeit zu einer großen Sicherheit in der Vorausbestimmung der Gattierung und Ofenführung für ein Gußstück mit bestimmten physikalischen und chemischen Eigenschaften verhelfen wird.

Die chemische Analyse genügte schon, um die schädigende Wirkung eines starken Schwefelgehaltes zu erkennen, der besonders in den letzten Kriegsjahren und zu Beginn der Nachkriegszeit sich in unangenehmster Weise bemerkbar machte. Die Rohstoffknappheit zwang damals zu einer sehr reichlichen Verwendung von altem Gußbruch, der u. a. durch wiederholtes Umschmelzen eine sehr starke Schwefelanreicherung erfahren hatte. Eine gute Entschwefelung wird durch das Waltersche Verfahren erreicht, indem man auf dem in der Gießpfanne möglichst heiß abgestochenen schlackenfreien Eisen eine Schlackendecke aus Rohsoda bildet. Bei dem Verfahren von Dürkopp-Luyken-Rein führt man eine ähnliche Entschwefelung im Vorherd des Kuppelofens selbst durch, wobei dann zwischen Ofenschacht und Vorherd ein Schlackenabscheider eingeschaltet werden muß. Auch die sogenannten EK-Pakete der Maschinenfabrik Eßlingen leisten gute Dienste zur Anreicherung des Eisens mit Silizium, Mangan usw. Sie werden als Si-, Mn- und P-Formlinge, bei denen Ferrosilizium, Ferromangan usw. in genau abgewogenen Mengen in Beton eingebettet sind, der Gattierung beigegeben. Der Zement verhütet ein vorzeitiges Oxydieren der Beimengungen und ermöglicht es, sie in die Schmelzzone des Kuppelofens zu bringen, wo sie sich mit dem andern Eisen legieren.

Um hohe Festigkeit zu erreichen, hat man bereits seit vielen Jahren der Gattierung Stahl zugesetzt[2]), jedoch ist es selbst bei bester Ofenführung nicht gelungen, dadurch allein bei einem brauchbaren Gußeisen den Kohlenstoffgehalt unter 3 vH herunter zu bringen.

[1]) „Die Gießerei" Bd. 10 (1923) S. 492.

[2]) Vergl. Gießerei-Zeitung Bd. 23 (1926) S. 587.

Gußeisen erstarrt, wenn nicht gewisse Begleiter dieser isen-Kohlenstofflegierung den einen Teil des Gesamt-ohlenstoffs in Gestalt von Graphit ausscheiden[3]), weiß. as weiße Eisen hat ein Gefüge, das aus Zementit Fe_3C) und dem Eutektoid Perlit besteht[4]). Da es ›er sehr hart und spröde ist, kommt es für den Maschi-nbau im allgemeinen nicht in Frage. Nun ist Fe_3C ein nstetiges Stoffgemisch, es hat die Neigung, in seine beiden estandteile Ferrit (Eisen) und Kohlenstoff (Graphit und emperkohle) zu zerfallen. Es ist aber möglich, durch ewisse Zusätze, z. B. Silizium, und durch Verzögerung es Durchganges der Schmelze durch das Erstarrungs-ıtervall und langsame Abkühlung unter den Perlitpunkt, enn sonst günstige Umstände vorliegen, den Zerfall so eit zu bringen, daß am Ende der Erstarrung ein Guß-sen entstanden ist, das nur aus Ferrit mit dazwischen egenden, mehr oder weniger großen Graphitblättern ge-ildet ist.

Ferrit ist sehr weich, und die dazwischengeschobenen raphitblättchen verringern seine an sich schon geringe estigkeit noch mehr, daher ist, abgesehen von einigen enigen ganz besondern Fällen, auch dieses Ferrit-Gra-hiteisen für Maschinenguß nicht brauchbar. Zwischen iesen beiden Grenzfällen liegen die üblichen Grauguß-orten, deren Gefügebau von der chemischen Zusammen-etzung, dem Schmelz- und Gießverfahren sowie den Er-tarrungs- und Abkühlungsverhältnissen in der Form ab-ängt.

Das Kleingefügebild des gewöhnlichen Graugusses eigt Graphit, Ferrit, Perlit und Zementit, daneben 'hosphideutektikum und entsprechend dem Umfang des chwefelgehalts Beimengungen von Schwefeleisen und chwefelmangan. Gelingt es nun, ein dem Kohlenstoff-tahl ähnliches Gefüge des Gußeisens, das hauptsächlich us Perlit mit zwischenliegendem Graphit besteht, zu er-eugen, so muß ein solches auch stahlartige Festigkeiten ufweisen, die allerdings durch die Graphitbeimengungen twas beeinflußt werden.

Es ist das große Verdienst Diefenthälers, zum rsten Male bewußt auf die Bildung eines solchen soge-annten Perliteisens hingearbeitet und so den Anstoß zu en erfolgreichen Arbeiten zur Verbesserung des Guß-isens in den letzten Jahren gegeben zu haben. Ziel-ewußte Versuche Diefenthälers zusammen mit K. Sipp n der Gießerei der Firma Heinrich Lanz, Mannheim, ührten zu einem Verfahren, durch das mit ziemlicher Sicherheit ein perlitisches Gußgefüge gewonnen werden ann. Es setzt sich aus der Wahl einer Gattierung, die nöglichst geringe Neigung zur Graphitbildung zeigt, also ırm an Si, P und C ist, mit einer geeigneten Wärme-ehandlung der Gußform zusammen. Im praktischen Be-riebe teilt man zur Durchführung des Perlitverfahrens lie Gußstücke in Gruppen verschiedenen Querschnittes in; für die einzelnen Gruppen wird bei gleicher Vorwär-nung der Formen je eine besondere Gattierung benutzt. Als besonders hervorzuhebende Eigenschaften des Lanz-chen Perlitgusses führt Bauer[5]) an:

1. Gute Biege-, Zugfähigkeit und Zähigkeit,
2. hohe Widerstandfähigkeit gegen Schlag- und Stoß-beanspruchung,
3. mäßige Härte bei guter Bearbeitbarkeit,
4. geringe Abnutzung bei gleitender Reibung,
5. geringe Neigung zur Lunkerbildung und infolge-dessen die Möglichkeit, schwierigste Gußstücke her-zustellen,
6. feiner und dichter Gefügeaufbau, Beständigkeit des Gefüges gegen Temperaturbeeinflussung.

[3]) Vergl. Gießerei-Zeitung Bd. 20 (1923) S. 317.
[4]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 245.
[5]) Gießerei-Zeitung Bd. 20 (1923) S. 318.

Zahlentafel 1. Lanz-Perlit-Eisen

Werkstoff	Gesamt-kohlenstoff vH	Graphit vH	Gebundene Kohle vH	Silizium vH	Mangan vH	Phosphor vH	Schwefel vH
Gußeisen (G) . .	3,29	2,99	0,30	2,79	0,56	1,15	0,084
Zylindereisen (Z)	3,51	2,84	0,67	1,74	0,66	0,50	0,076
Perliteisen (P) .	3,25	2,41	0,84	1,11	0,79	0,40	0,154

In Zahlentafel 1[6]) sind die Analysen gewöhnlichen Graugusses (G), Zylindereisens (Z), d. h. Maschinenguß mit 18 bis 24 kg/mm² Festigkeit, und Perlitgusses (P) zusammengestellt. Bemerkenswert ist der niedrige Si- und hohe S-Gehalt des Perlitgusses. Der gebundene Kohlenstoff erreicht fast den eutektoiden Gehalt. Das Gefügebild weist bei Grauguß Graphit, Perlit und Ferrit mit reichlichen Mengen von Phosphideutektikum auf, bei Maschinenguß zeigt es eine vorwiegend perlitische Grundmasse, in der Phosphideutektikum, grobe Graphitblätter und etwas Ferrit eingelagert sind. Bei Perlitguß sind in die perlitische Grundmasse feine Graphitblättchen sowie Phosphideutektikum eingebettet, während Ferrit fehlt.

Zahlentafel 2
Festigkeitswerte des Lanz-Perlit-Eisens

Werkstoff	Zugfestigkeit kg/mm²	Biegefestigkeit*) kg/mm²	Durchbiegung mm	Brinellhärte
Gußeisen (G)	13 bis 14,5	29	9,6	130 bis 136
Zylindereisen (Z)	18 „ 22	41	12	148 „ 166
Perliteisen (P)	25 „ 28	52	16,9	164 „ 176

*) Ohne Gußhaut, von 42 auf 38 mm abgedreht.

Die Festigkeitsprüfung ergab für die drei verschiedenen Sorten die in Zahlentafel 2 zusammengestellten, abgerundeten Mittelwerte; auch die Wechselschlagversuche und Schlagbiegeversuche fielen zugunsten des Perliteisens aus. So bedeutet das Diefenthälersche Patent aus dem Jahre 1916 in Gestalt der Ausbildung eines Verfahrens zur sicheren Erzeugung des Perlit-Graphitgefüges im Gußstück einen wesentlichen Fortschritt zur Veredlung des Gußeisens.

Ein weiterer Schritt in dieser Richtung war die Erkenntnis der Bedeutung der Schmelzüberhitzung. Die bisherige Kuppelofenführung gestattete es im allgemeinen nicht, ein flüssiges Eisen von wesentlich mehr als 1400 °C zu schmelzen. Wollte man also höhere Temperaturen haben, ohne daß sich die Zusammensetzung der Schmelze in unerwünschter Weise änderte, so blieb nur der Elektroofen als Schmelzeinrichtung übrig. Daß ein solcher für Grauguß für die allermeisten Gießereien wegen seiner hohen Anschaffungs- und Betriebskosten vorläufig noch nicht in Frage kommt, ist selbstverständlich. Hier schien der mit Öl geheizte Flamm-Kuppelofen, Bauart Wüst[7]), eine Lücke auszufüllen. Die Temperatur des aus dem Wüst-Ofen abgestochenen Gußeisens liegt zwischen 1500 und 1600 °. Man gewinnt einen Grauguß mit geringem Schwefelgehalt bei feiner Graphitausscheidung und gleichmäßigem niedrigem Kohlenstoffgehalt; die Ofenführung kann man so gestalten, daß die gewollte Analyse beim Gußstück erreicht wird. Auch dabei bildet sich ein perlitisches Gefüge.

Aber auch im gewöhnlichen Kuppelofen ist es möglich, eine Überhitzung von 1500 ° durch geeignete Ofenführung zu erreichen und damit das Gußeisen in einem bisher für unmöglich gehaltenen Ausmaß zu veredeln, ohne daß es nötig ist, die Gußformen zu erwärmen und die Abkühlgeschwindigkeit des Formeninhaltes besonders zu regeln. Das Emmel-Thyssen-Verfahren[8]) nutzt die Überhitzung des Schmelzgutes aus und erreicht im gewöhnlichen Kuppelofen ein niedrig gekohltes Eisen hoher Festigkeit und Güte. Emmel geht von dem Umstand aus, daß sich mit der Herabsetzung des gesamten Kohlenstoffgehaltes auch die Menge des das Gefüge nachteilig unterbrechenden Graphits verringern muß. Wenn schon, wie beim Lanz-Perlitguß bei einer Kohlenstoffmenge von 3,2 vH ein ausgezeichnetes Gußstück möglich ist, wobei etwa 2,5 vH Graphit vorhanden sind, so muß man bei einem Guß mit z. B. nur 2,7 vH Gesamt-Kohlenstoffgehalt (wo neben etwa 0,9 vH gebundenem Kohlenstoff (Perlit) nur 1,8 vH Graphit übrig bleibt) eine ganz besondere Güte erwarten, um so mehr, als noch die feinere Ver-

[6]) Gießerei-Zeitung Bd. 20 (1923) S. 319.
[7]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1476; Z. Bd. 70 (1926) S. 389.
[8]) „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 1466.

teilung des Graphits bei einem Gesamt-Kohlenstoffgehalt von unter 3 vH hinzukommt. Bei dem Emmel-Thyssen-Verfahren hat der Koks nicht allein den Zweck heißen Schmelzens, sondern auch den der Sicherung eines niedrigen Kohlenstoffgehaltes. Wie Emmel in seiner Veröffentlichung bemerkt, müssen bei seinem Verfahren auch sonst zweckentsprechende Maßnahmen beim Betriebe des Ofens getroffen werden; welcher Art diese sind, hat er allerdings nicht mitgeteilt.

In Zahlentafel 3 sind Zerreißfestigkeiten und Analysen enthalten, die einer Zusammenstellung entnommen wurden, in der der Erfinder diese Zahlengrößen nach Versuchen mit 24 Schmelzen angibt. Es sind nur die Zahlen für die niedrigste und höchste Zerreißfestigkeit eingetragen.

Zahlentafel 3. Thyssen-Emmel-Eisen

Stabdurchmesser	Zerreißfestigkeit	Zusammensetzung im Mittel				
		Gesamt-Kohlenstoff	Silizium	Mangan	Phosphor	Schwefel
mm	kg/mm²	vH	vH	vH	vH	vH
20	22,6	2,4	2,62	0,65	0,16	0,083
15	41,6	2,7	2,20	1,35	0,20	0,130

Bei diesen niedrigen Kohlenstoffgehalten muß der Siliziumgehalt entsprechend größer werden, wenn man überhaupt noch eine genügende Graphitausscheidung erreichen will. Er bewegt sich in den Analysen zwischen 2 und 2,7 vH. Die besten Festigkeitswerte ergeben sich bei Gußeisen, wenn die beiden Anteile an Silizium und Kohlenstoff etwa um den Grenzwert 2,5 vH liegen, zusammen also etwa 5 vH ausmachen.

Bemerkenswert bei dem Emmel-Gußeisen ist die Gleichmäßigkeit des Bruchgefüges in dem ganzen Querschnitt. Das Gefüge hat bei 6 und 75 mm Querschnittsdicke genau dasselbe wohlausgebildete perlitische Grundgefüge und zeigt weder in dünnen Querschnitten Zementit noch in dicken Ferrit. Zahlentafel 4 zeigt die ausgezeichneten Biegungs- und Härteeigenschaften dieses neuen Graugusses.

Zahlentafel 4. Thyssen-Emmel-Eisen

Stabdurchmesser	Beschaffenheit der Staboberfläche	Versuchslänge	Biegefestigkeit	Durchbiegung
mm		mm	kg/mm²	mm
15	unbearbeitet	300	63,7 bis 73,5	4,8 bis 4
15	bearbeitet	300	64,5 „ 74,0	8,6 „ 6
30	unbearbeitet	600	60,6 „ 67,8	11 „ 10
30	bearbeitet	600	60,0 „ 70,6	15 „ 10
36	bearbeitet	720	64,8 „ 66,4	16,8 „ 17,4

Brinellhärte im Durchschnitt 210 bis 240

Ähnliche Ergebnisse wurden mit dem Corsalli-Verfahren[9]) erreicht, wobei man ebenfalls einen niedrig gekohlten Grauguß durch Verwendung eines Rohstoffes herstellt, der an allen sonst auftretenden Eisenbegleitern arm ist. Man braucht beim Niederschmelzen eines solchen Stoffes keine Rücksicht auf das Herausbrennen dieser Begleiter zu nehmen, kann stärker blasen als sonst, erhält durch Steigerung der Sauerstoffzufuhr ein heißeres Schmelzgut und vermindert gleichzeitig die Aufnahme von Kohlenstoff aus dem Koks. Da man die veredelnden Begleiter des Graugusses Silizium und Mangan nicht entbehren kann, bringt Corsalli sie durch eine mit dem Kuppelofen leicht zu verbindende schachtartige besondere Zusatzschmelzvorrichtung hinein, der durch heiße Gase von über 1600 ° aus der Schmelzzone des Hauptschachtes die erforderliche Wärme zugeleitet wird.

Als Rohstoffe werden Stahlabfälle in Gestalt von Eisenbahnschienen und Kernschrot von nicht mehr als 50 bis 60 mm Dicke und 500 mm Länge verwendet.

Besonders günstig arbeiten die Verfahren mit Vorherdkuppelofen, da bei ihnen die Zusatzschmelze nicht durch dieselbe Öffnung austritt, durch die auch die Heizgase in den Zusatzschmelzer eintreten. Vielmehr gelangt die Zusatzschmelze am Boden der Vorrichtung durch einen Schlitz in der Decke in den Vorherd und mischt sich dort unmittelbar mit dem aus dem Hauptschacht austretenden Eisenstrahl. So kann man dem Eisenbade selbst hochhaltige Ferrolegierungen flüssig zuführen, was bisher nur unvollkommen erreicht wurde und wegen des unvermeidbaren Abbrandes sehr teuer war.

Eine Übersicht über die Zusammensetzung und die wichtigsten Festigkeitswerte gibt Zahlentafel 5[10]). Auch beim Corsalli-Eisen ist die Summe Si + C = rd. 5 vH und seine Festigkeitsverhältnisse sind ausgezeichnet zu nennen. Trotz der hohen Brinellhärte ist der Guß gut bearbeitbar.

Ein weiteres Veredlungsverfahren, das eine Zertrümmerung der Graphitkeime in der flüssigen Schmelze auf mechanischem Wege zu erreichen versucht, ist das Dechesnesche Rüttelverfahren[11]). Der Vorherd eines gewöhnlichen Kuppelofens wird einseitig durch eine Daumenwelle etwas angehoben, worauf er frei herunterfällt. Dadurch tritt ein Rütteln und Schütteln seines flüssigen Inhalts ein, das zu einer wesentlichen Verbesserung beitragen soll. Ohne Rücksicht darauf, ob das Eisen 1,6 oder 2,6 vH Si, 3,2 oder 3,6 vH C enthält, sollen sich auf diese Weise bei einer Gießtemperatur von 1350 bis 1400 ° Zerreißfestigkeiten von 30 bis 40 kg/mm² und an Probestäben von 30 mm Dmr. bei 600 mm Stützweite Biegefestigkeiten von 50 bis 60 kg/mm² erreichen lassen mit 15 mm Durchbiegung, wobei die Brinellhärte zwischen 180 und 240 liegt[12]). Die Bearbeitbarkeit soll gut sein. Der Hauptvorzug besteht wohl in der weitgehenden Entgasung des Schmelzgutes, das infolgedessen weniger zu Schwindungsporositäten und Lunkerungen neigt. Eine weitere Verbreitung hat der Rüttelherd zur Zeit noch nicht gefunden.

Die Ausführungen zeigen, daß in der Graugußveredlung in den letzten Jahren Fortschritte erreicht worden sind, wie man sie früher für unmöglich gehalten hat. Die weitgehende Verbesserung der Festigkeits- und Gefügeverhältnisse in dem für den Maschinenbau wichtigsten Baustoff ist von weittragender Bedeutung; bei den einzelnen Werkstücken spart man an Gewicht und erhöht gleichzeitig die Betriebsicherheit.

Die Werkstoffausstellung im Oktober dieses Jahres in Berlin wird der Fachwelt Gelegenheit geben, sich durch den Augenschein davon zu überzeugen, welch großartige Erfolge die Wissenschaft in Verbindung mit der Praxis bei den Erzeugnissen der Eisengießerei zu verzeichnen hat. [B 176]

Zahlentafel 5. Corsalli-Eisen

Probe	Kohlenstoff	Silizium	Mangan	Phosphor	Schwefel	Zerreißfestigkeit	Biegungsfestigkeit	Durchbiegung
	vH	vH	vH	vH	vH	kg/mm²	kg/mm²	mm
1	2,82	2,07	1,33	0,26	0,111	35,6	63,7	9,8
2	2,71	2,21	1,23	0,24	0,111	35,2	59,7	9,2
3	2,64	2,00	1,40	0,28	0,108	34,5	58,1	11,0
4	2,69	2,35	1,45	0,25	0,120	38,8	57,5	9,8
5	2,79	2,21	1,30	0,26	0,110	38,0	57,7	9,2
6	2,71	2,35	1,30	0,23	0,119	35,7	54,1	10,0
7	2,65	2,44	1,36	0,26	0,100	37,0	56,6	9,8
8	2,81	1,97	1,32	0,24	0,090	39,2	64,9	10,2

Brinellhärte im Durchschnitt 230 bis 250

[9]) Vergl. Gießerei-Zeitung Bd. 23 (1926) S. 587.

[10]) a. a. O. S. 589.

[11]) Vergl. Gießerei-Zeitung Bd. 23 (1926) S. 355.

[12]) „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 871.

Struktur der Materie im Lichte der Röntgenstrahlen[1)]

Von *M. Polanyi, Berlin-Dahlem*

Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie

Lichtnatur der Röntgenstrahlen. Strukturtheorie der Kristalle. Erklärung ihrer Gesetze aus dem Gitterbau. Messung der Maschenweite des Kristallgitters mit Hilfe von Röntgenstrahlen. Schichtlinienbeziehung, Reflexionsgesetz. Pulver- und Texturdiagramme. Ergebnisse der Struktur- und Texturforschung.

Ein großer Fortschritt der Wissenschaft wird meistens nur durch entschlossenes Abrechnen mit den Unvollkommenheiten althergebrachten Wissens ermög-
ıt. Es ist eine Merkwürdigkeit des großen Gedankens ıx v. Laues, daß er nicht von einer Kritik des da-
ıls Geltenden ausging, sondern gerade aus dem festen ıuben an gewisse Anschauungen der zeitgenössischen ysik Kraft schöpfte, um aus ihnen eine Reihe un-
ıhnter Schlüsse zu ziehen.

Von zwei Annahmen ist Laue ausgegangen: 1. Die ntgenstrahlen sind eine Art Licht, das sich von dem htbaren Lichte nur durch viel kürzere, schätzungsweise 000mal kürzere Wellenlänge unterscheidet. 2. Die be-
ıderen Eigenschaften der Kristalle beruhen auf einer ·enartigen gesetzmäßigen Anordnung ihrer Bausteine, : Atome und Moleküle, die man gewöhnlich als Gitter-
uktur bezeichnet; die Maschenweite dieses Gitters ist ı der Größenordnung der Röntgenwellenlänge.

Aus dem Glauben an die Richtigkeit dieser beiden An-
hmen hat Laue geschlossen, daß beim Durchgang von ntgenstrahlen durch einen Kristall eine Beugung des ·ahles eintreten dürfte und daß das Beugungsvermögen ıs der Wellenlänge der Strahlung und der Maschenweite ıs Strukturnetzes gemäß den Gesetzen der Optik abzu-
ıten sei, so daß ein formelmäßiger Zusammenhang zwi-
ıen diesen bis dahin nur ungefähr bekannten Größen ·ßbar wird.

Wellennatur des Röntgenlichtes

Die Grundlage der ersten von Laue verwendeten An-
hme ist leicht anzugeben. Die Wellennatur der Röntgen-
·ahlen zeigte sich darin, daß sie ähnlich dem Lichte larisiert werden können. Die Wellenlänge hatte sich ·s den Beugungsbildern sehr feiner Spalte, die von Haga ıd Wind untersucht worden waren, zu ungefähr 10^{-8} cm ·eben, also etwa 10000mal kleiner als die sichtbaren ellen.

Gittertheorie der Kristalle

Der Gedanke der Gitterstruktur besagt, daß man die ·setze für die Gestaltung der Kristallflächen aus einer stimmten Anordnung der Bausteine im Kristall erklären ·nn. Man nimmt dabei an, daß die Atome und Moleküle den Knotenpunkten eines dreidimensionalen regel-
ıßigen Netzes angeordnet sind, und daß sich die Kristall-
chen entlang jener Ebenen ausbilden, die dicht mit omen besetzt sind.

Die Gesetze, von denen die Flächen eines Kristalles herrscht werden, mögen an dem Beispiel eines kubischen odelles, Abb. 1, in Erinnerung gebracht werden. Der istall hat zwei Arten von Flächen, gleichwertige und gleichwertige. Gleichwertige Flächen sind solche, die ın nur durch eine willkürliche Aufstellung des Kristalles neinander unterscheiden kann. Von einer Fläche, die ı jetzt als vordere Würfelfläche bezeichne, kann ich ·ht feststellen, ob sie die vordere, hintere, obere oder tere, rechts- oder linksseitige geworden ist, wenn jemand ı Kristall inzwischen in mir unbekannter Weise ge-
ht hat.

Die sechs Würfelflächen sind also durch Drehung ·r andre Symmetrieoperationen (z. B. Spiegelung) in-
ıander überführbar und demnach gleichwertig. In glei-
ım Sinne sind untereinander gleichwertig die acht ichen mit sechseckiger Umgrenzung (Oktaeder-
chen), und die zwölf rechteckigen Rhombendodekaeder-
chen, die die Kanten abstumpfen. Dagegen sind z. B. Würfelflächen einerseits und die Oktaederflächen anderseits untereinander ungleichwertig, weil man sie nicht durch Drehung oder sonstige Symmetrieoperationen ineinander überführen kann.

Das Rationalitätsgesetz umfaßt die soeben erörterten Beziehungen gleichwertiger Flächen zueinander und fügt diesen noch den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen den ungleichwertigen Flächen hinzu. Zur Erläuterung dieses Gesetzes beziehe man die Lage der Kristallflächen auf ein rechtwinkliges Achsenkreuz, dessen Ursprung in die Mitte des Würfels verlegt sei und das man sich parallel zu den Würfelkanten aufgestellt denke.

Dann besagt das Rationalitätsgesetz, daß nur solche Ebenen als Kristallflächen auftreten können, die entweder den Achsen parallel liegen oder diese in Abständen schneiden, die sich wie ganze Zahlen verhalten. Die Abschnitte sind also ganzzahlig oder unendlich. Eine Würfelfläche liegt zwei Achsen parallel und schneidet die dritte und wird dementsprechend mit dem Symbol $\infty : \infty : 1$ oder, indem man den reziproken Wert der Achsenabschnitte einführt, mit (001) bezeichnet. Die Oktaederfläche ist zu allen drei Achsen gleich gelegen, und die Abschnitte, die sie bildet, verhalten sich daher wie $1:1:1$. Ihr reziprokes Achsenabschnittverhältnis ist desgleichen (111). Die Kanten abstumpfenden Rhombendodekaederflächen liegen einer Achse parallel und schneiden auf den beiden andern gleiche Längen ab. Sie haben daher das Abschnittsverhältnis $\infty : 1 : 1$ und in reziproken Zahlen das Symbol (011). Die Flächen (001) (111) (011) sind die am einfachsten gelegenen Flächen und zugleich die wichtigsten; aber es kommen noch andere vor, die dann Symbole wie (112) (123) usw. haben, ähnlich wie die vorangehend erläuterten.

Man sieht, daß dieses Gesetz auch das Vorhandensein gleichwertiger Kristallflächen vorschreibt. Denn es ist nicht gesagt, welche der drei Achsen etwa eine Würfelfläche schneidet und welchen beiden Achsen sie parallel liegt, auch nicht, ob die geschnittene Achse auf dem positiven oder negativen Ast geschnitten werden soll. Eine diesbezügliche Vorschrift kann auch nicht gegeben werden, weil die sechs Äste des Achsenkreuzes sich (abgesehen von ihrer willkürlichen Aufstellung im Raume) durch nichts

Abb. 1
Kubisches Kristallmodell. Trägt Würfelflächen, Rhombendodekaederflächen und Oktaederflächen. Rechtwinkliges Achsenkreuz mit Ursprung in der Raummitte des Kristalles.

[1)] Vorgetragen in der Hauptversammlung des deutschen Verbandes für die Materialprüfung in der Technik, Dezember 1926.

Abb. 2
Lichtbild eines Gittermodells. Dieses Gitter ist, ebenso wie das in Abb. 3 und 4 gezeichnete, kubisch. Es enthält drei aufeinander senkrechte Gittergeraden von gleicher Atombesetzung.

unterscheiden. Das Symbol (001)[2]) gilt also mit gleichem Rechte für alle sechs Würfelflächen des Kristalles. Man kann auch sagen: Aus der Symmetrie des Achsenkreuzes (Gleichwertigkeit der drei Achsen, Rechtwinkligkeit ihrer Lage) folgt die Symmetrie des Kristalles unter Voraussetzung des Gesetzes ganzzahliger Achsenabschnitte.

Ich werde nun nachweisen, daß die mit Atomen dicht besetzten Ebenen des Gitters, Abb. 2 bis 4, denselben Gesetzen gehorchen, wie die Flächen des Kristalls: Man denke sich in das Gitter ein rechtwinkliges Achsenkreuz so hineingestellt, daß es mit drei (nicht parallelen) Geraden dichtester Atombesetzung zusammenfällt. Solche Geraden verlaufen im Gitter in den drei aufeinander senkrechten Richtungen: von oben nach unten, von rechts nach links, von vorn nach hinten. Wenn man nun die Ebenenscharen von dichter Atombesetzung (Netzebenen) betrachtet, die in den Abbildungen hervorgehoben sind, so erkennt man, daß sie den so gewählten Achsen entweder parallel liegen oder diese in Abschnitten schneiden, die sich ganzzahlig verhalten. Man sieht, daß in diesem Sinne den dichtbelegten Netzebenen, die in Abb. 3 das Gitter, von vorn nach hinten verlaufend, durchschneiden, das reziproke Symbol (001) zukommt, genau wie einer Würfelfläche; daß ferner eine Schar Netzebenen vorhanden ist, die die Ecken abstumpfen, denen, wie der Oktaederfläche, das Symbol (111) zukommt und daß, Abb. 4, auch Netzebenenscharen vorhanden sind, die die Kanten abstumpfen, wie die Rhombendodekaederflächen. In Abb. 3 ist auch noch eine die Ecke schief abstumpfende Netzebenenschar eingezeichnet, der das Symbol (112) zukommt — und die Anschauung drängt einem aus diesen Beispielen bereits den Schluß auf, daß sich auch im allgemeinen die *Netzebenen des Gitters wie Kristallflächen* verhalten, indem sie ganzzahlige (reziproke) Achsenabschnitte haben.

[2]) Auch sind dementsprechend die Symbole (001) (100) (010) (001) (100) (010) für einen kubischen Kristall durchaus gleichwertig.

Abb. 3
Die senkrecht stehenden, von vorn nach hinten laufenden Netzebenen entsprechen den Würfelflächen. Die Ecke links oben wird abgestumpft von einer Netzebene, die der Oktaederfläche entspricht. Die Netzebene, die die Ecke rechts oben abstumpft, ist eine 1 : 1 : 2 - Ebene, im reziproken Symbol ist es eine (221)-Ebene.

Abb. 4
Die Kante rechts oben ist durch eine Netzebene abgestumpft, die der Rhombendodekaederfläche entspricht. Man sieht auch noch drei weitere Netzebenenscharen angedeutet, die der erstgenannten gleichwertig sind, also ebenfalls Rhombendodekaederflächen entsprechen.

Abb. 3 und 4. In dem Gitter sind Netzebenenscharen durch Auszeichnen ihrer Umrandung hervorgehoben. Die kleinen Würfel stellen den Elementarkörper des Gitters dar.

Man sieht auch, daß die Anzahl gleichwertiger Netzebenenscharen dieselbe ist wie die Anzahl gleichwertiger Flächen am Kristall. Wenn man sich nämlich das Gitter unbegrenzt ausgedehnt denkt, so sind die sechs Äste der drei Gittergeraden, die ich als Achsenkreuz gewählt habe, voneinander nicht zu unterscheiden, und so entsprechen gleichwertige Kristallflächen gleichwertigen Netzebenenscharen im Gitter. Um dies zu veranschaulichen, habe ich in Abb. 4 vier gleichwertige Rhombendodekaeder-Netzebenenscharen hervorgehoben.

Es ist also in der Tat eine vollständige Erklärung der Kristallgesetze, zu der man gelangt, wenn man annimmt, daß die Atome im Kristall wie in einem Gitter angeordnet sind, und daß die Kristallflächen sich entlang der mit Atomen dicht besetzten Netzebenen ausbreiten.

Allerdings wird man den wichtigen Punkt schon bemerkt haben, daß ich an das besondere Beispiel eines kubischen Kristalls anknüpfend ein Gitter von hierzu gerade passendem Bau angenommen habe. Der kubische Kristall fordert zu seiner Erklärung ein Gitter, in dem Geraden mit gleicher, und zwar dichtester (oder zumindest besonders dichter) Atombesetzung senkrecht aufeinanderstehen.

Es besteht also ein *Zuordnungsverhältnis zwischen Kristallform und Gitterbau*. Den sechs bekannten Kristallsystemen liegen ebensoviele Gitterarten zugrunde, und auch der Unterteilung der sechs Systeme in 32 Klassen entsprechen ebensoviele Gittergruppen. Die Systematik der Gitter geht noch weiter. Sie teilt die Gitter in 230 Raumgruppen ein, die eine weitere Unterteilung der Kristallklassen bilden.

Die Gitter verschiedener Stoffe, die der gleichen Raumgruppe angehören, sind miteinander geometrisch innig verwandt, können sich aber dabei noch in mannigfaltigster Weise unterscheiden. Z. B. können auch chemisch ganz verschieden gebaute Körper in der gleichen Raumgruppe kristallisieren.

Neben der Fülle der Strukturformen der Atom- und Molekülgitter erscheint hiermit die äußere Kristallform in ihrer Bedeutung weitgehend zurückgedrängt: Was gemeinhin den Kristall ausmacht, seine symmetrischen Ebenen und Kanten, ist nur ein kennzeichnendes Symptom der reichen Möglichkeiten, auf die die Strukturtheorie hinweist. Und so versteht man, daß, wenn man ein Mittel hat, um diese Struktur zu erkennen — und ein solches hat uns Laue in den Röntgenstrahlen gegeben — eine Wandlung im Kristallbegriff eintritt, die die ganze Betonung auf den gittermäßigen Bau verlegt. Die einzelnen Körner eines Metallkörpers sind heute für uns vorzügliche Kristalle, und obwohl es keine ebenen Flächen, noch gerade Kanten erkennen läßt, ist ein Eisenkorn für uns kubisch, ein Zinnkorn tetragonal usw.; es kommt dabei auch jedem Korn eine bestimmte Lagerung des Gitters zu, zufolge deren man etwa sagen kann: In diesem Korne liegt eine Würfelfläche parallel zur Schliffebene, oder etwa auch: Es liegt eine Würfelkante in der Walzrichtung oder in der Richtung der Drahtachse usw.

Diese Anschauungsweise, die sich durch die neuen Erkenntnisse aufdrängt, enthält eine begriffliche Schwierigkeit, die noch geklärt werden muß. Es ist unbequem,

Abb. 5
Abbeugung eines monochromatischen Strahles an einem linearen Gitter. Die Einkerbungen (Ritzer) sind die Beugungszentren, J die Gitterperiode, λ die Wellenlänge. Von dem Gitter ist ein kurzes Stück mit acht Beugungszentren, von dem einfallenden Strahl nur ein Ausschnitt von der Breite der Gitterperiode gezeichnet. Von den Kegeln abgebeugter Strahlung ist auch nur ein Abschnitt von gleicher Breite gezeichnet.

Abb. 6
Strahlengang der abgebeugten Strahlung. Die Doppelkegel 0, 1, 2 schneiden den gleichachsigen Zylinderfilm in Kreisen, die bei Entfaltung des Films zu Geraden werden.

ein Gitter mit der unübersehbaren Fülle seiner Atome als Ganzes zu betrachten, und es ist auch offenbar unnötig, sich so zu belasten, da die einzelnen Ausschnitte des Gitters überall dasselbe Bild ergeben. Man muß sich daher fragen, ob nicht nach einheitlicher Vorschrift ein kleiner handlicher und doch das Gitter völlig ersetzender Ausschnitt aus ihm gebildet werden kann.

Einen für das Gitter ersetzenden Ausschnitt, den man Elementarkörper oder Zelle des Gitters nennt, kann man auf mehrere ziemlich gleichwertige Weisen bilden. Stets ist er ein Parallel-Epiped, dessen Kanten durch den kürzesten oder nahezu kürzesten Abstand (gleichwertiger) Gitteratome der Richtung und Länge nach gegeben sind. Diese Kanten sind zugleich Geraden, die zu Kristallachsen gewählt werden können. Das Verhältnis der Kantenlänge ist gleich dem Achsenverhältnis.

Das Gitter, das ich oben behandelt habe, hat einen Würfel zum Elementarkörper, dessen acht Ecken mit Atomen besetzt sind. Die Kanten des Würfels liegen in Richtung der Kristallachse und sind zugleich die (drei unter sich gleichen) kürzesten Atomabstände im Gitter. Man sieht diesen Elementarkörper in Abb. 3 und 4 gesondert herausgezeichnet.

Der Bau des Kristalls aus den Elementarkörpern ist aus den Abb. 2 bis 4 ersichtlich: nach den drei Richtungen des Raumes reihen sich die Elementarkörper in stets paralleler Lage aneinander, wie lauter gleiche Zellen in einem unabsehbar großen Gebäude füllen sie den Raum aus. Das hier Erkannte gilt allgemein: Das ganze unbegrenzte Gitter kann durch dreifache parallele Aneinanderreihung von gleichen Elementarkörpern nach den drei Richtungen des Raumes aufgebaut werden. Daher wird eine Gitterstruktur durch den Elementarkörper des Gitters gekennzeichnet. Und daher wird auch die Lage des Gitters in einem Kristallkorn (z. B. eines Metallkörpers) durch die Lage eines Elementarkörpers im Kristallkorn bestimmt.

Beugung von Röntgenstrahlen am Kristall
Ausmessung des Kristallgitters

Ich gehe nun dazu über, die Gedanken zu erörtern, auf Grund deren der Lauesche Versuch ausgeführt und gedeutet wurde, und die es ermöglicht haben, die Frage nach der Gitterstruktur aus einem Bereich anregender Annahmen in ein großes Gebiet feststehender Tatsachen umzuarbeiten. Beim Laue-Effekt handelt es sich um eine Beugung der Röntgenstrahlen an dem Strukturgitter der kristallinischen Materie. Es soll nun zunächst ein ähnliches Beispiel von Beugungseffekten im Gebiete der sichtbaren Strahlen erörtert werden.

Man denke sich einen sehr feinen, gerade gespannten Quarzfaden, dessen Oberfläche mit einem Silberspiegel belegt ist. Die Versilberung sei in Abständen von etwa $^1/_{1000}$ mm durch kreisförmige Ritzer entfernt. Auf einen Millimeter des Fadens entfallen dann etwa 1000 solcher Ritze. Wenn Licht auf diesen Faden fällt, so wird es an den spiegelnden Stellen reflektiert, von den geritzten Kreisen dagegen nach allen Richtungen zerstreut, wie von einer weißen Fläche. Einen solchen Faden nennt man ein lineares Gitter, in dem die Ritzer die Beugungszentren sind. Der Abstand zwischen den Ritzern ist der Gitterabstand (oder auch die Identitätsperiode). Läßt man auf dieses Gitter einen feinen ausgeblendeten Strahl monochromatischen Lichtes auffallen, z. B. von einer Natrium-Flamme, die nur die D-Linie (Wellenlänge $= {}^1/_{1700}$ mm) ausstrahlt, so werden die von den Beugungszentren nach allen Richtungen des Raumes ausgehenden Strahlen miteinander interferieren und sich zum Teil auslöschen, und als Folge dieser Auslöschung wird abgebeugtes Licht von erheblicher Intensität nur entlang bestimmter Strahlenkegel ausgehen, Abb. 5 und 6.

Die halben Öffnungswinkel μ_n dieser Strahlenkegel stehen miteinander, mit der Wellenlänge λ und der Gitterperiode J in gesetzmäßigem Zusammenhang, der durch die Gleichung

$$\cos \mu_n = \frac{n\lambda}{J} \quad \dots\dots\dots \quad (1)$$

ausgedrückt wird, in der n die Ordnungszahl (0, 1, 2) des Strahlenkegels bezeichnet. (Der Strahlenkegel 0 ist zu einer Ebene entartet.)

Genau denselben Vorgang mit dem gleichen Gesetz würde man beobachten, wenn eine Gittergerade, die im Abstand J mit Atomen belegt ist, von einem einfarbigen Röntgenstrahl von der Wellenlänge λ ($< J$) getroffen wird, falls die Atome, wie dies Laue angenommen hat, als Beugungszentren des Röntgenlichtes wirken.

Ob dem wirklich so ist, kann freilich in dieser Form nicht geprüft werden, weil man niemals eine einzelne Gittergerade zum Versuch verwenden kann, sondern nur einen Kristall, der nach zwei Richtungen des Raumes in großer Zahl aneinander gereihte Gittergeraden enthält. Da die beugende Wirkung einer solchen geordneten Schar nicht einfach die Summe der Beugungseffekte der Einzelgeraden ist (weil die von den einzelnen Gittergeraden abgebeugten Strahlen nochmals miteinander interferieren), so

Abb. 7
Das lineare Gitter, durch einen Kristall ersetzt, der sich um eine Achse (Gittergerade) dreht. Von der auf den Kristall treffenden monochromatischen Strahlung werden einzelne Strahlen abgebeugt, die auf den Doppelkegeln 0, 1, 2 gelegen sind. Die Kegel der abgebeugten Strahlen folgen denselben Gesetzen, die im optischen Beispiel, Abb. 6, veranschaulicht werden. (J ist hier der Atomabstand auf der Drehachse, λ die Wellenlänge der Röntgenstrahlung.)

Abb. 8
Ein Film, wie man ihn nach Abb. 7 in entfaltetem Zustand erhält. Die Flecken, die im Einstich der abgebeugten Strahlen entstehen, liegen auf dem entfalteten Film auf Geraden (Schichtlinien), aus deren Abstand man die Winkel μ_n und hierdurch J bestimmen kann.

kann die optische Wirkung des linearen Gitters bei der Beugung der Röntgenstrahlen am Kristall nicht genau dargestellt werden. Wohl aber kommt dabei ein Effekt zustande, der in seinen Grundzügen der optischen Erscheinung so genau ähnlich ist, daß seine Wesensverwandtschaft mit jener schlagend zutage tritt.

Dieser Effekt findet sich in Abb. 7 erläutert. Ein einfarbiger Röntgenstrahl von der Wellenlänge λ trifft auf ein Kriställchen, das um eine in Richtung einer Kristallachse liegende Achse umläuft. Im Laufe dieser Drehung gehen aus dem Kristall abgebeugte Strahlen aus, die sämtlich auf einer Schar von Kegeln gelegen sind, deren halbe Öffnungswinkel wiederum durch Gleichung (1)

$$\cos \mu_n = \frac{n\,\lambda}{J}$$

gegeben sind, worin nun λ die Wellenlänge des Röntgenstrahles und J der Abstand der (gleichwertigen) Atome auf jener Kristallachse ist, um die der Kristall gedreht worden ist. Auf einem zylindrischen Film, Abb. 7, liegen die Flecken, die von den abgebeugten Strahlen herrühren, auf Kreisen, die bei der Entfaltung des Filmes zu Geraden werden, die man Schichtlinien nennt, Abb. 8. Aus dem Abstand dieser Geraden werden die Winkel μ_n berechnet, aus denen man bei Kenntnis der Wellenlänge λ nach der Gleichung (1) den Atomabstand J entnimmt.

Drei solche Drehaufnahmen, bei Drehung um die drei kristallographischen Achsen aufgenommen, geben die drei Atomabstände (genauer: Identitätsabstände) in Richtung der drei Achsen und somit die Länge der Kanten des Elementarkörpers. Da aber der Elementarkörper das Gitter kennzeichnet, so ist damit auch die Ausmessung des Gitters im wesentlichen vollendet[3]).

Die Lauesche Entdeckung führt also in der Tat in strenger Ähnlichkeit zu den optischen Beugungserscheinungen zu Tatsachen, deren formelmäßige Behandlung die Ausmessung der einst hypothetischen Strukturen der Kristalle ermöglicht.

Das Reflexionsgesetz

Die Beugungserscheinungen von Kristallen und Röntgenstrahlen sind durch die soeben erwähnten Drehkristalleffekte keineswegs erschöpft. Es treten noch ganz andere Formen der stets gleichen Grunderscheinung auf, deren Ableitung weniger einfach ist, die aber wegen ihrer großen geschichtlichen und praktischen Bedeutung hier nicht unerwähnt bleiben können.

Eine Form der Beugungserscheinungen ist das Braggsche Reflexionsgesetz, das an den Begriff der Netzebene anknüpft und insbesondere auf den Abstand der benachbarten Netzebenen D Bezug nimmt. Man weiß, daß die mit Atomen dicht belegten Netzebenen die Bedeutung latenter Kristallflächen haben. Abb. 3 und 4 zeigen auch, daß diese wichtigen Netzebenen durch einen großen Netzebenenabstand ausgezeichnet sind. In einfachen Fällen gilt ein reziprokes Verhältnis zwischen Belegungsdichte und Netzebenenabstand D, Abb. 9.

[3]) Strukturbestimmungen mit Hilfe von Drehkristallaufnahmen sind (auf andre Weise) zuerst von E. Schiebold ausgeführt worden. Das hier mitgeteilte Verfahren, das auf Gl. (1) (Schichtlinienbeziehung) beruht, stammt von mir und K. Weißenberg. Die vorliegende Form der Ableitung verdanke ich Prof. P. P. Ewald.

16 8 12

Abb. 9
Reziprokes Verhältnis von Belegungsdichte und Netzebenenabstand. Der Reihe nach: Würfel-, Oktaeder-, Rhombendodekaeder-Netzebene. Die Zahlen geben die Belegungsdichte, der Abstand der horizontalen Striche den Netzebenenabstand D an.

2γ γ

Abb. 10
Eine Netzebenenschar (Rhombendodekaeder) ist gerade so eingestellt, daß sie die Strahlung λ unter dem Winkel γ reflektiert

Abb. 11
Ein durchgehender Strahl bildet mit dem reflektierten den Winkel 2γ

Abb. 10 und 11. Braggsches Reflexionsgesetz.

Das Braggsche Gesetz be-
agt nun, daß ein einfarbiger
öntgenstrahl, der auf einen
ristall trifft, diesen im allge-
einen geradlinig durchdringt,
aß aber im besonderen Falle,
enn der Strahl eine Netzebenen-
har unter dem bestimmten,
urch die Braggsche Gleichung
n $\gamma_n = \frac{n\lambda}{2D}$ vorgeschriebenen
Vinkel γ_n trifft, der Strahl von
iner Richtung in einer Weise
gelenkt wird, als würde ihn
ie Netzebene reflektieren. Jede
etzebene reflektiert in einer ab-
ihlbaren Reihe von Lagen, de-
n die Ordnungszahlen $n = 0$,
2... zugeordnet werden. Der
gebeugte Strahl bildet dann
it der Richtung des einfallen-
n Strahles den Winkel $2\gamma_n$,
bb. 10 und 11.

Der Kristall, den man in
nen einfarbigen Röntgenstrahl
ineinstellt, wird also im allge-
einen keinerlei Beugungseffekt geben. Wenn man ihn
un im Lichte des Strahles dreht und wendet, so werden
ı ganz bestimmten (durch die Braggsche Gleichung
orgeschriebenen) Lagen Strahlen aufblitzen, deren Rich-
ıng nach dem Reflexionsgesetz die Lage einer Netzebenen-
har umgibt und zugleich auch die struktuelle Größe D
es Netzebenenabstandes zu erkennen gibt.

Auf diese Weise kann man feststellen, in welchen
agen sich dichte Netzebenen im Kristall befinden, und
eren Netzebenenabstand der Reihe nach ausmessen, was
hließlich einen so tiefen Einblick in die Struktur des
ristalles gewährt, daß diese mittels einfacher Überlegun-
n gedeutet werden können.

Pulverdiagramme

Eine besonders schöne Anwendung dieser Reflexions-
ziehung ist das berühmte Debye-Scherrer-Ver-
ihren, bei dem ein feines Kristallpulver mit einfarbigem
öntgenlicht belichtet wird. Da die Kriställchen alle mög-
chen Lagen einnehmen, so werden die Reflexionsstrahlen
ller Netzebenen auftreten. Diese Reflexionsstrahlen wer-
n nach allen Richtungen ausgehen, die mit dem gerad-
nig durchstoßenden Strahl
en Winkel $2\gamma_n$ einschlie-
en. Sie werden also einen
egel bilden mit dem Öff-
ungswinkel $4\gamma_n$ und dem
urchstoßenden Strahl als
chse. Jede Netzebenenart
rzeugt ihre Kegel, und das
rgebnis auf der Platte ist
ine Reihe konzentrischer
reise, deren jeder einen
Vinkel γ_n und den zuge-
örigen Netzebenenabstand
D (oder einen ganzzahligen Bruchteil von D) berechnen läßt, Abb. 12 bis 14, vergl. a. Abb. 16 und 17. Das ganze Diagramm liefert ein Verzeichnis der D-Werte aller wichtigen Netzebenen des Gitters und damit eine Unterlage, die zu der Erschließung wichtiger Strukturen geführt hat.

Texturdiagramme

Schließlich sei noch eine Abwandlung der Pulverdiagramme erwähnt, die man Texturdiagramme nennt. Sie entstehen, wenn das einfarbige Licht statt ein ungeordnetes Kristallpulver zu treffen, auf einen geordneten Kristallhaufen fällt.

In der schematischen Darstellung, Abb. 18 und 19, ist ein ungeordneter Kristallhaufen, wie er in einem geglühten Metalldraht meist vorliegt, einer Textur gegenübergestellt, wie sie im Draht beim Ziehen entsteht. Die Schraffierung der einzelnen Körner des ursprünglichen Drahtes weist nach allen möglichen Richtungen hin, Abb. 18, dagegen liegt sie im gezogenen Draht in allen Körnern parallel zur Drahtachse, Abb. 19. D. h., die Textur des gezogenen Drahtes besteht darin, daß eine be-

Abb. 13 Die Platte in Aufsicht. (Ein Pulverdiagramm von Magnesium.)

Abb. 14 Wenn das Pulver grobkörnig ist, sind die Kreise nur punktweise geschwärzt.

Abb. 15 Texturdiagramm: ein solches entsteht, wenn an Stelle des ungeordneten Pulvers ein geordneter Kristallhaufen durchleuchtet wird.

Abb. 17 Der Film entfaltet. Aus dem Diagramm läßt sich der Öffnungswinkel der Strahlenkegel leicht berechnen (Aufn. v. G. Sachs).

Abb. 16 und 17 Das Pulverdiagramm auf einem zylindrischen Film.

Abb. 12 Aus dem Pulver (Objekt) gehen die abgebeugten Strahlen in Kegeln aus, die auf der Platte Kreise einzeichnen.

Abb. 16 In der Zylinderachse das Objekt. Die (hier nicht gezeichneten) Strahlenkegel, Abb. 12, zeichnen eigenartige Kurven (4. Grades) auf den Film ein.

Abb. 18
Schema eines ungeordneten Kristallhaufens (z. B. geglühter Draht). Die Striche (Richtung einer Kristallachse) in den einzelnen Kristallkörnern weisen nach allen möglichen Richtungen hin.

Abb. 19
Schema einer Textur: Die Striche in den Körnern alle parallel der Drahtachse. Eine solche Textur hat ein gezogener Draht. (Darstellung nach K. Weißenberg.)

stimmte wichtige Gittergerade, z. B. eine Kristallachse, in allen Körnern parallel zur Drahtachse liegt, wobei sonst (also in bezug auf die beiden anderen Achsen) die Gitterlage in jedem Korn beliebig sein mag.

Zur Erläuterung der Texturdiagramme sei daran erinnert, daß die vollen Kreise im Debye-Scherrer-Bild dadurch zustande kommen, daß im Pulver alle möglichen Lagen vorhanden sind, so daß in jeder Richtung, die einen Winkel $2\gamma_n \left(=\frac{n\lambda}{2D}\right)$ mit dem durchstoßenden Strahl bildet, ein abgebeugter Strahl aus dem Pulver ausgeht; da in der Textur nicht alle möglichen Lagen vorliegen, fallen die den fehlenden Lagen entsprechenden Teile der Kreise weg, so daß nur einzelne Kreisabschnitte auftreten. Auf diese Weise entsteht das kennzeichnende Texturdiagramm, Abb. 15.

Die Texturdiagramme, die man bei Röntgenographierung gezogener, gewalzter auch unter besonderen Bedingungen rekristallisierter und gegossener Metallkörper erhält, gestatten es, im einzelnen festzustellen, welche Achse oder Ebene des Gitters irgendwelchen bevorzugten Richtungen oder Flächen des Werkstückes parallel gelegen ist. Diese Texturforschung ist neben der Strukturforschung ein wichtiges Gebiet der Werkstoffuntersuchung.

Laue-Diagramme

Zum Schluß muß ich noch eine Form der Beugungserscheinungen von Röntgenstrahlen an Kristallen erläutern, die geschichtlich bedeutsam und auch für die Metallkunde praktisch von großer Bedeutung ist. Sie entstammt dem grundlegenden Versuch von Laue, in dem seine Entdeckung beschlossen war. Dieser Versuch wurde im Gegensatz zu dem bisher Besprochenen nicht mit einfarbigem, sondern mit weißem Röntgenlicht angestellt, das eine stetige Mannigfaltigkeit von Wellenlängen enthielt, wie im sichtbaren Gebiet das Licht einer Glühlampe.

Laue hat eine Kristallplatte mit einem Röntgenstrahl durchleuchtet. Man weiß heute auf Grund des Braggschen Reflexionsgesetzes, daß bei diesem Versuch keine abgebeugten Strahlen entstehen, wenn einfarbiges Licht benutzt wird. Es wäre denn, daß der unwahrscheinliche Zufall eintritt, daß eine Netzebene des Kristalls gerade unter jenem Winkel getroffen wird, in dem sie die eingestrahlte Wellenlänge reflektiert. Wenn dagegen eine beliebige Auswahl von Wellenlängen eingestrahlt wird, so wird sicher auch für jede Ebene eine Welle vorhanden

Abb. 20
Reflexe eines fein facettierten Granates, auf einer Platte aufgenommen (nach Rösch).

Abb. 21
Laue-Diagramm: Reflexe der Röntgenstrahlen, die an den Netzebenen eines Kristalls gespiegelt werden. (Aufnahme von G. Sachs.)

sein, die bei dem gegebenen Einfallwinkel zur Reflexion gelangt. Es ergibt sich: In einem Kristall, der vom weißen Röntgenstrahl getroffen wird, wählt sich jede Netzebene eine andere passende Wellenlänge aus und reflektiert diesen Anteil der einfallenden Strahlung wie ein Spiegel.

Wäre jede Netzebene als Kristallfläche ausgebildet, so würden die Reflexe an diesen Flächen, wie man sie mit optischem Licht erzeugen kann, genau das Bild erzeugen, das im Laue-Diagramm steht. In der Tat zeigt die Aufnahme, auf der die Reflexe eines fein facettierten Granatkristalls aufgefangen sind, ein Bild, das in seinem Charakter mit dem danebenstehenden Laue-Diagramm auffällig übereinstimmt, Abb. 20 und 21.

Der große Vorteil des Laue-Diagrammes besteht offenbar darin, daß es nicht nur die Lage der gut ausgebildeten Kristallflächen, sondern auch die der latenten Flächen (Netzebenen) zu erkennen gibt und damit besonders für die Bestimmung der Gitterlage in Kristallen ohne Flächen und Kanten, wie es die sogenannten Einkristalle sind, benutzt werden kann.

Ergebnisse

Von dem weiten Bereich der Ergebnisse, die uns die Lauesche Entdeckung im Wege der oben erläuterten Verfahren aufgeschlossen hat, sei noch ein Umriß gezeichnet, der besonders die Werkstoffe ins Auge faßt: Die Gitter der Elemente, insbesondere der Metalle, sind fast vollständig bekannt. Die polymorphen Umwandlungen, namentlich des Eisens, sind aufgeklärt worden. Die Erforschung der Gitterstruktur der Legierungen ist im raschen Fortschritt begriffen. Auch die Struktur einer Reihe von Verbindungen ist festgestellt worden und hat uns überraschende Einblicke in das Wesen der chemischen Kräfte gewährt. In einem weiten Bereiche hat sich die Materie als kristallinisch erwiesen, wo sie früher als amorph galt. Die anorganischen Kolloide sind zum größten Teil kristallinisch. Die Zellulose, Seide, gedehnter Kautschuk sind kristallinisch. Dieser Befund führt zu wichtigen chemischen Rückschlüssen.

In den kalt bearbeiteten Metallen sind gesetzmäßige Anordnungen der Gitter der Kristallkörner (Texturen) gefunden worden, die das Wesen der plastischen Verformung zu erklären versprechen. In den Einkristallen konnten die Gesetze der plastischen Verformung bereits weitgehend erkannt werden, und die Frage der Verfestigung hat eine neue, scharf umrissene Form angenommen.

Wir stehen inmitten einer Entwicklung, in der die Begriffe der Gitterstruktur und die Kenntnis röntgenographischer Verfahren ein Bestandteil des Denkens und Forschens sein werden für jeden, der im Kampf um die Beherrschung der Natur mitarbeiten will. [B 19]

Anwendung der Röntgenstrahlen in der Schweißtechnik

Von Dipl.-Ing. C. Kantner und Dipl.-Ing. A. Herr

Mitteilungen aus der Schweißtechnischen Versuchsanstalt zu Wittenberge

Untersuchungen von Werkstoffen und geschweißten Teilen — Beschreibung einer Röntgenanlage — Wertung der Ergebnisse

Die Güte einer Schweißung hängt von vielen Nebenumständen und mannigfachen Einflüssen chemischer oder physikalischer Art und von der wechselnden Eignung und Geschicklichkeit des ausführenden Schweißers ab. Die Prüfungen der Schweißen am fertigen Stück können daher nicht sorgfältig und eingehend genug vorgenommen werden. Besonders gut muß man Werkstücke prüfen, die größeren Beanspruchungen standzuhalten haben, oder für deren unbedingt zuverlässige Herrichtung Gewähr übernommen werden muß. Die physikalischen, chemischen und metallographischen Untersuchungen haben sich bisher als durchaus brauchbar erwiesen. Sie haben aber sämtlich den Nachteil, daß sie nur über die Beschaffenheit eines kleinen Bereiches des untersuchten Werkstoffes oder der Schweiße verläßlich Aufschluß zu geben vermögen. Vor allem aber erfordern alle diese Untersuchungen zum mindesten eine Schwächung oder gar Zerstörung des oft wertvollen und gut gelungenen Werkstückes.

Man ist daher in neuerer Zeit dazu übergegangen, bei der Prüfung der Werkstoffe die Untersuchungsverfahren mittels Röntgenstrahlen anzuwenden[1]). Seit diese jahrelang wissenschaftlich durchgebildeten Verfahren in den Dienst der Technik gestellt werden konnten, hat deren praktische Auswertung eine noch nicht absehbare Bedeutung im Werkstoffprüfwesen erlangt. Die für die Technik wichtigsten Untersuchungsverfahren sind die Kristallstrukturuntersuchung, die chemische Analyse und die Werkstoffdurchleuchtung.

Die Kristallstrukturuntersuchung beruht auf der Erkenntnis der Beugbarkeit der Röntgenstrahlen an Kristallen. Da fast alle in der Technik verwendeten Kristalle als kristalline Körper — bei einigen Stoffen sind die Kristalle schwer erkennbar — anzusprechen sind, rufen sie an den Röntgenstrahlen jene eigentümlichen Beugungserscheinungen hervor. Mit Hilfe der von Laue, Debye-Scherrer, Schiebold, Bragg, Polanyi und anderen Forschern ausgebildeten besonderen Verfahren lassen sich aus diesen Interferenzerscheinungen Beziehungen zwischen dem Atomaufbau, Kleingefüge und mechanischen Eigenschaften feststellen oder in entsprechender Weise nicht nur die Beschaffenheit der Baustoffe untereinander vergleichen, sondern auch die Art ihrer Bearbeitung (z. B. Walzen, Ziehen, Stauchen usw.), ihrer thermischen Behandlung (Modifikationsänderung, Mischungs- und Entmischungserscheinungen), der Gang ihres elektrolytischen Herstellverfahrens (z. B. Einfluß der Stromdichte auf die Faserstruktur), das Altern und dergleichen Erscheinungen ermitteln.

Die chemische Analyse bedient sich der Spektroskopie mittels der Röntgenstrahlen, da die Röntgenstrahlen sich von den Lichtstrahlen nur durch ihre kürzeren Wellenlängen unterscheiden.

Die Werkstoffdurchleuchtung beruht auf der Durchdringbarkeit der Werkstoffe durch harte — kurzwellige — Röntgenstrahlen; besondere Vorkehrungen müssen getroffen werden, um die von den Stoffen selbst während der Bestrahlung erneut ausgesendeten Röntgenstrahlen (Sekundärstrahlen) unwirksam zu machen. Je nach den bei ihrem Durchgang durch das zu durchstrahlende Werkstück mehr oder weniger starken Hemmungen schwärzen die Röntgenstrahlen den photographischen Film in entsprechender Schattierung, oder sie bringen den Leuchtschirm mehr oder weniger stark zum Aufleuchten. Nach diesem einfachsten Röntgenverfahren der Durchleuchtung wurden unsere Untersuchungen durchgeführt[2]).

Da wir besonderen Wert darauf legten, Prüfverfahren am fertigen Werkstück auszubilden, um in kurzer Zeit und ohne Zerstörung des Werkstückes feststellen zu können, ob eine Schweißung gut oder schlecht gelungen sei, d. h. ob sie unter Berücksichtigung der von ihr auszuhaltenden Beanspruchungen unbedenklich dem Betrieb übergeben werden konnte, mußte zuerst eine Reihe von Vergleichproben hergerichtet und röntgenographisch untersucht werden. Um die Bestätigung des Röntgenbefundes zu erlangen, wurden die Versuchsproben metallographisch nachgeprüft. Die Untersuchungen erstreckten sich auf allgemein verwendete Werkstoffe und geschweißte Werkstoffe.

Während die Werkstoffe nur eine Untersuchung ihres eigenen Verhaltens im Röntgenlicht erforderlich machten, mußten bei der Untersuchung geschweißter Werkstoffe außer den Schweißungen selbst auch die Schweißverfahren an der Hand von Proben beobachtet werden.

Untersuchung der Werkstoffe

Je nach ihrem Absorptionsvermögen für Röntgenstrahlen, das im Verhältnis zu ihrem Atomgewicht steht, zeigen die Werkstoffe im Durchstrahlungsbild hellere oder dunklere Schatten, Abb. 8 und 17. Kupfer erscheint am

[1]) G. Sachs, Z. Bd. 70 (1926) S. 1634 und dieses Heft S. 577; Polanyi, dieses Heft S. 565; F. Körber, „Stahl und Eisen" Bd. 45 (1925) S. 217; M. v. Schwarz, Z. d. Bay. Rev.-Vereins 1926 Heft 5 und 6; E. Schiebold, Z. f. Met. Bd. 16 (1924) S. 417 u. f.; R. Glocker, Z. f. Met. Bd. 16 (1924) S. 180; E. Krebs, Elektromarkt 1926 Heft 120 und 121.

[2]) Zur Durchführung der Untersuchungen hatte die Firma Rich. Seifert & Co., Hamburg, eine ihrer Hochleistungsanlagen dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

Abb. 1
Metallographische Aufnahme eines Flacheisens mit Lunkerstelle. Werkstoff: Stahl 8 mm dick.

Abb. 2
Röntgenaufnahme der in Abb. 1 dargestellten Probe. Große weiße Flecke: Baustoffverluste und Verschlackungen. Parallele Aufhellungen: ausgewalzter Lunker.

Abb. 3
Röntgenaufnahme aus einem andern Bereich der Probe, Abb. 1. Parallele Aufhellungen: ausgewalzter Lunker.

Abb. 4
Ergebnis der Biegeprüfung der in Abb. 1 dargestellten Probe. Anbruch: Lunker.

Abb. 5.
Metallographische Nachprüfung durch geätzten Schliff der in Abb. 1 dargestellten Probe. Helle Streifen im Profil: eingewalzter Lunker.

Abb. 7
Durchleuchtung von 8 mm dickem Schweißstahl (Querschnitt). Helle Streifen: eingewalzte Schlackenschichten.

Abb. 6
Durchleuchtung von 40 mm dickem Gußeisen (Draufsicht). Aufhellungen: starke Graphitausscheidungen und Hohlräume.

dunkelsten, ihm folgen Messing, Stahl und Gußeisen. Von den Untersuchungen sind die wichtigsten und bemerkenswertesten Aufnahmen wiedergegeben.

F l a c h e i s e n (Stahl), die bei normalem äußeren Befund zur Verschlackung unter dem Schneidbrenner neigten, Abb. 1, zeigen eine sehr gleichmäßige, fast parallel verlaufende, lineare Schattierung im Röntgenbild, Abb. 2. Dieselben gleichmäßigen Schattierungen kamen auch bei Röntgenaufnahmen, die zur Sicherung gegen etwaige photographische Irrtümer an anderen Teilen der gleichen Baustoffe gemacht wurden, zur Wiedergabe, Abb. 3. Die Annahme, daß es sich in beiden Fällen um innere Gefügeänderungen handelte, bestätigten die Bruchproben, Abb. 4. Zur weiteren Sicherung wurden die Proben in der Nähe der Brennschnitte zerteilt, geschliffen und geätzt, Abb. 5. So wurde einwandfrei festgestellt, daß es sich nach dem Röntgenbefund um innere Gefügeänderungen handelte, die sich in den eigentümlichen Schattierungen im Röntgen-

Abb. 8
Röntgenaufnahme eines Drehstahlkopfes
a Schnelldrehstahlplättchen *b* Stahlschaft

Abb. 15 und 16
Röntgenaufnahme, Draufsicht, nach Entfernen des Schweißwulstes beim Zerreißen. Helle Adern: Risse; helle Flecke: Hohlräume.

Abb. 9 und 10
Ansicht

Abb. 11 und 12
Röntgenaufnahme, Draufsicht

Abb. 13 und 14
Röntgenaufnahme, Querschnitt

Abb. 11 bis 14
Schwarze Wolken: Schweißwulst; helle Unschärfen: Schlacken und Oxyde; scharfrandige Aufhellungen: Hohlräume vor Entfernung des Schweißwulstes

Abb. 9 bis 16. Elektrisch kaltgeschweißte Stahlbänder (Dicke 8 mm).
Abb. 9, 11, 13, 15 normal geschweißt; Abb. 10, 12, 14, 16 mit langem Lichtbogen geschweißt.

Abb. 17
Elektrisch warmgeschweißtes Gußeisen (Dicke 20 mm). Helle Stelle: Undichtigkeit.

bilde zeigten und somit den ausgewalzten Lunker in dem Werkstoffe kennzeichneten. Die zeitraubende metallographische Untersuchung hätte sich erübrigt; sie ist nur zur einwandfreien Sicherung des Röntgenbefundes ausgeführt worden. Die Röntgenuntersuchung allein hätte die Untauglichkeit des Werkstoffes erkennen lassen und zu seiner Verwerfung geführt. In gleicher Weise wurde auch bei den übrigen Untersuchungen verfahren, wenn der röntgenographische Befund noch durch metallographische Nachweise der Sicherung bedurfte.

Gußeisen. Die Aufhellungen im Röntgenbild, Abb. 6, lassen Graphitanreicherungen mit Hohlraumbildung in der Kernzone des Gußstückes erkennen.

Schweißstahl. Der Werkstoff ist entsprechend den eingewalzten Schlackenschichten im Röntgenbild, Abb. 7, durch helle Streifen gekennzeichnet.

Schnelldrehstahl auf Stahlschaft. Der Gehalt des Werkzeugstahlplättchens *a* an Wolfram von höherem Atomgewicht absorbiert die Röntgenstrahlen stärker; das Plättchen erscheint daher im Röntgenbild dunkler als das weniger absorbierende Eisen des Werkzeugschaftes *b*, Abb. 8.

Abb. 19
Röntgenaufnahme, Draufsicht. Dunkle Wolke: Schweißwulst.

Abb. 20
Röntgenaufnahme, Ansicht von der Seite. Heller Teil mit weißen Flecken: Schweißwulst mit kleinen Blasen.

Abb. 21
Schliffbild senkrecht zur Längsachse der Schweißnaht

Abb. 22
Schliffbild in Längsrichtung der Schweißnaht

Abb. 21 und 22
Metallographische Untersuchungen zur Nachprüfung der Röntgenaufnahmen

Abb. 19 bis 22
Proben einer elektrischen Auftragschweißung

Abb. 18
Reihenschweißung verschiedener 8 mm dicker Werkstoffe.
F = Stahl — G = Gußeisen — M = Messing — K = Kupfer — F = Stahl. Die Bindung war gering, zum Teil schlecht; zwischen Messing und Kupfer und zwischen Kupfer und Stahl undicht und verbrannt.

Geschweißte Werkstoffe

Die angewandten Schweißverfahren kann man an den durchgeführten Untersuchungen gut beobachten. Zur vergleichenden röntgenographischen Auswertung wurden nicht Proben aus der Versuchsanstalt, sondern Schweißungen betriebsmäßig hergestellt und unter den gleichen Bedingungen der Durchstrahlung unterworfen.

Stahl. Die Ergebnisse der Untersuchungen an zwei elektrisch kaltgeschweißten Stahlbändern zeigen eine normale Schweißung, Abb. 9, 11, 13, 15. Diese ist einer solchen gegenübergestellt, die absichtlich mit langem Lichtbogen durchgeführt worden war, Abb. 10, 12, 14, 16. An beiden Proben wurden Zerreißversuche angestellt und diese röntgenographisch beobachtet, Abb. 15 und 16. Bei der schlechten Schweiße nahm der Bruch nicht in den Hohlräumen selbst, sondern in den ihn konzentrisch umlagernden Schichten von Eisen und Schlacke seinen Anfang, Abb. 16.

Gußeisen. Die Röntgenaufnahme eines elektrisch warm geschweißten Gußeisens, Abb. 17, zeigt eine Undichtigkeit in der Schweißung.

Elektrische Reihenschweißung (Flußeisen-Gußeisen-Messing-Kupfer-Flußeisen), Abb. 18. Mittels des Lichtbogens wurden Proben von Flußeisen, Gußeisen, Messing und Kupfer in der angegebenen Reihenfolge aneinandergeschweißt, um die Bindungen der Werkstoffe untereinander röntgenographisch zu untersuchen und die Durchdringungsfähigkeit der Werkstoffe zwecks Feststellung geeigneter Belichtungszeiten für die Röntgenaufnahmen zu beobachten. Hierbei zeigten sich die oben angegebenen kennzeichnenden Unterschiede der Helligkeit.

Auch Auftragschweißungen wurden durchstrahlt. Um die Einbrenntiefe und die Güte der Schweiße

Abb. 23
Stumpfschweißung, überhitzt und verschlackt.

Abb. 24
Abschmelzschweißung. Weiße Flecke: nicht gebundene Hohlräume.

Abb. 23 und 24
Röntgenaufnahmen elektrischer Widerstandschweißungen von 20 mm dickem Stahl

Abb. 25 bis 37
Gasschmelzschweißungen mit Azetylen-Sauerstoff

Abb. 25
Gute Schweißung von 8 mm dickem Stahl

Abb. 26
Gute Schweißung von 20 mm dickem Gußeisen

Abb. 27
Verbrannte Schweißung von 20 mm dickem Gußeisen mit starker Blasenbildung

Abb. 28
Blasige und undichte Schweißung von 5 mm dickem Kupfer vor dem Hämmern

Abb. 29
Der gleiche Werkstoff nach dem Hämmern

Abb. 30
geringe Überhitzung

Abb. 31
verbrannt

Abb. 32
schlecht gebunden

Abb. 30 bis 32
Schweißnaht von 16 mm dickem Feuerbüchsenkupfer

Schweißstelle verbrannt mit Fehlstellen
Abb. 33
16 mm dickes Kesselblech

zu ermitteln, wurde eine Probe senkrecht, Abb. 19, und seitlich, Abb. 20, durchstrahlt. Abb. 21 und 22 zeigen die metallographischen Proben. Die Auftragschweiße ist zu diesen Zwecken in der Längsrichtung zerteilt, geschliffen und geätzt, Abb. 22, und außerdem im Querschnitt, Abb. 21, nach der gleichen Behandlung wiedergegeben.

E l e k t r i s c h e S c h w e i ß u n g e n. Röntgenaufnahmen schlecht durchgeführter elektrischer Widerstandschweißungen an Stahl von 20 mm Dicke zeigen Abb. 23 und 24. Die Stumpfschweißung, Abb. 23, ist überhitzt und verschlackt; bei der Abschmelzschweißung, Abb. 24, sind nicht gebundene Hohlräume zu erkennen.

G a s s c h m e l z s c h w e i ß u n g e n. Aus der Versuchsreihe der mit Azetylen-Sauerstoff ausgeführten Gasschmelzschweißungen sind besonders kennzeichnende ausgewählt, Abb. 25 bis 37. Auch hier wurden möglichst Vergleichsproben von guten und schlechten Schweißungen an dem gleichen Werkstoff einander gegenübergestellt. So z. B. wurden Proben von Gußeisen, Abb. 26 und 27, von Kupfer (Feuerbüchsenwerkstoff), Abb. 30 bis 32, und Stahl (Kesselbleche), Abb. 33 bis 37, miteinander ver-

Abb. 38
Lokomotiv-Treibstange, X-Schweißung, weiß gekennzeichnet

Abb. 39
Röntgenaufnahme der Schweißstelle, Abb. 38, Schweißung einwandfrei

Durchleuchtung

Durchleuchtung

Metallographische Nachprüfung

Metallographische Nachprüfung

Abb. 34 und 35. Gut gebundene X-Schweiße

Abb. 36 und 37. Im Scheitel nicht gebundene X-Schweiße. Heller Streifen: Hohlraum.

Abb. 34 bis 37. X-Schweiße von 20 mm dickem Stahl

glichen. Die Röntgenbilder einer Kupferschweißung, Abb. 28 und 29, zeigen, daß durch Hämmern die Undichtigkeiten wohl zusammengetrieben, aber nicht immer beseitigt werden, also als Bruchursache bestehen bleiben können. Eine ungleichmäßige Schweißung mit schlechter Bindung, die in den Übergängen eine Oxydation aufweist, zeigt Abb. 32. Eine verbrannte und mit Fehlstellen behaftete Kesselschweißung stellt Abb. 33 dar.

Bei den X-Gasschmelzschweißungen, Abb. 34 bis 37, wurden die Proben in der Weise zum Vergleich hergerichtet, daß einer gut durchgeführten X-Schweiße, Abb. 34, eine solche gegenübergestellt wurde, die absichtlich im Scheitel nicht vollkommen dicht geschweißt worden war, Abb. 36, während bei der Ausführung der übrigen Schweiße größter Wert auf Gleichmäßigkeit gelegt wurde. Im Röntgenbild zeichnet sich die Undichtigkeit im Scheitel der X-Schweißung als heller Strich ab, Abb. 36. Die entsprechenden metallographischen Nachprüfungen an den senkrecht zum Scheitel der Schweiße gelegten Schliffproben geben Abb. 35 und 37 wieder.

Nachdem wir auf diese Weise durch Vergleich eine hinreichende Anzahl von Versuchsergebnissen gewonnen hatten, konnten wir an die Untersuchung am fertigen Stück herangehen. Während nun bei den Versuchsproben hauptsächlich Schwierigkeiten in der Anwendung geeigneter Blenden und Bettungen gegen Streustrahlung zu überwinden waren, boten sich bei der Durchstrahlung großer Stücke anfänglich Schwierigkeiten, da die großen Stücke überraschende Spannungsaufladungen zeigten, die den Betrieb störten. Wir untersuchten folgende Schweißarbeiten am fertigen Stück:

1. Die X-Schweiße nach dem Gasschmelzverfahren an einer Lokomotivstange, Abb. 38, zeigt im Röntgenbild, Abb. 39, vollkommene Dichtigkeit. Zum Vergleich waren die Versuchsschweißungen, Abb. 34 und 36, herangezogen worden. Die Schweiße war in allen Teilen gleichmäßig ausgeführt worden.

2. Elektrische Warmschweißung an einem Lokomotivschieberkastendeckel, Abb. 40. Die Bindung ist nach dem Röntgenbild, Abb. 41, vollkommen; das Werkstück ist thermisch einwandfrei vor- und nachbehandelt. In dem aufgeschweißten Werkstoff haben sich jedoch bei der Warmschweißung Hohlräume gebildet.

3. Die Röntgenaufnahme einer Lichtbogenschweißung an Lokomotivkesselblechen, Abb. 42, zeigt Undichtigkeiten, Verbrennung und Verschlackung der Schweiße, während bei einem anderen Werkstück Schrumpfrisse, Abb. 43, zu erkennen sind.

4. Ähnliche Schrumpfrisse zeigten sich bei der Röntgenaufnahme einer Gasschmelzschweißung an Lokomotivkesselblechen, Abb. 44.

Abb. 40 (links oben) Lokomotiv-Schieberkastendeckel, elektrisch warmgeschweißt (weiß gekennzeichnet)

Abb. 41 (rechts unten) Röntgenaufnahme der Schweißstelle, Abb. 40, stark vergrößert. Weiße Stellen: Hohlräume

Abb. 42. Schweiße undicht

Abb. 43. Schrumpfrisse

Abb. 42 und 43
Untersuchungen an elektrisch kaltgeschweißten Lokomotiv-Kesselblechen

Abb. 44
Undichtigkeiten (Hohlräume) und Schrumpfrisse an gasgeschweißtem Kesselblech

Abb. 45
Gasschmelzschweißung einer Lokomotiv-Feuerbüchse aus Kupfer. Heller Fleck: Undichtigkeit.

5. Eine geringe Undichtigkeit in einer sonst gut ausgeführten Gasschmelzschweißung an einer Lokomotiv-Feuerbüchse aus Kupfer zeigt Abb. 45.

Die Röntgenanlage

Die Röntgenanlage zeigt Abb. 46. In dem holzverkleideten Raum *a* befindet sich die Hochspannungsanlage, bestehend aus dem Hochspannungs-Transformator, den Gleichrichter-Ventilröhren und den Hochleistungs-Kondensatoren. An der Außenwand sind die Meßgeräte für Heizstrom- und Betriebstromstärke der Röntgenröhre sowie die Funkenstrecke zum Messen der Betriebspannungen angebracht. Rechts neben der Hochspannungsanlage steht das Bleischutzhaus *b* für die Bedienungsmannschaft, die von hier aus die gesamte Anlage übersehen und mittels Schalter und Regler steuern kann, ohne von den Röntgenstrahlen und den von den bestrahlten Werkstücken ausgehenden Sekundärstrahlen getroffen zu werden. Außerdem sind für längere Arbeiten Einrichtungen vorhanden, die selbsttätig die Röntgenanlage nach einer vorher eingestellten Zeit außer Betrieb setzen, so daß die Bedienungsmannschaft den Arbeitsraum auch verlassen kann.

Die Röntgenröhre ist in einer besonderen Bleischutzhaube untergebracht, die von einem allseitig beweglichen sowie hoch- und tiefstellbaren Ständer getragen wird. Die Durchstrahlungen wurden mit einer Glühkathoden-Röntgenröhre älterer Bauart mit mittelscharfem Brennfleck ausgeführt. Eine Hochleistungs-Röntgenröhre mit scharfem Brennfleck wurde infolge der bereits erwähnten Aufladungen unbrauchbar; auch scheint diese Röhre für die hohen Spannungen und Dauerbelastungen nicht geeignet gewesen zu sein. Durch Neukonstruktionen sind entsprechend leistungsfähigere Röntgenröhren geschaffen worden, über die zur Zeit jedoch Einzelheiten noch nicht mitgeteilt werden können. Die Spannungen schwankten zwischen 80 und 190 kV Gleichspannung bei einer Höchstleistung der Anlage von 250 kV Gleichspannung. Die Stromstärken betrugen 3 bis 30 mA. Die Bestrahlungszeiten lagen zwischen 10 und 270 min. Während die alte Glühkathodenröhre, die gelegentlich einer Betriebstörung infolge starker Erhitzung stellenweise eingedrückt wurde, trotzdem noch voll belastbar blieb und höchstens 4 mA aufnahm, konnte die Hochleistungsröhre bei den entsprechenden Spannungen bis zu 100 mA belastet und infolgedessen die Belichtungszeiten auf Bruchteile herabgesetzt werden. Die Kosten für den Stromverbrauch der Anlage während des normalen Betriebes waren verschwindend gering und belanglos im Vergleich zu den Kosten des Stromverbrauches in einem Schweißereibetriebe.

Abb. 46
Röntgenanlage
a holzverkleideter Raum für die Hochspannungsanlage
b Bleischutzhaus für die Bedienungsmannschaft.

Die Ergebnisse der bis jetzt vorliegenden Röntgenuntersuchungen an geschweißten und nichtgeschweißten Werkstoffen nach dem Durchstrahlverfahren lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die Prüfungen konnten sämtlich ohne die Zerstörung des zu untersuchenden Werkstückes vorgenommen werden.

Die Schweißarbeiten konnten an der Hand der Prüfungen schnell untersucht und verbessert werden.

Die Auswertung der Röntgenbilder ergab wichtige Anhaltpunkte für die Beurteilung der Schweißungen hinsichtlich ihrer Herstellung und ihrer Verwendbarkeit. Undichtigkeiten, Gasblasen und Hohlräume wirken sich im Röntgenbild als scharfrandige helle Stellen aus, Abb. 12, 18, 36, 41. Fremdkörper, Schlacken u. dergl. erscheinen als Zusammenballungen, knospenartige Gebilde, Streifen oder Linien, Abb. 2, 7, 11 bis 16, 20, 42. Verbrennungen der Schweißen (Bildung von Oxydationsstoffen) lassen sich an ungleichmäßigen Aufhellungen im Röntgenbild erkennen, Abb. 12, 27, 28, 31, 42. Geringe Bindungen erscheinen abgegrenzt, in hinsichtlich Ausdehnung unterschiedlicher, jedoch gleichmäßiger Helligkeit gegenüber dem Werkstoff selbst, Abb. 18 F-G-M, 32, 36, während sich gute Bindungen in den Übergangzonen wolkig abzeichnen, Abb. 25, 28, 34, 35. Schrumpfrisse infolge nicht ausgeglichener Abkühlspannungen erscheinen im Röntgenbild als sehr helle, scharf begrenzte Linien, Abb. 43, 44.

Die Untersuchungen sind noch nicht als abgeschlossen zu betrachten, sie bedürfen vielmehr noch weiterer Ergänzungen in ihrer Anwendung auf die Vorgänge im Schweißereibetrieb und auf die Prüfungen am fertigen Stück. Außerdem haben bereits die Vorarbeiten begonnen für die Ausbildung eines praktisch verwertbaren Verfahrens zur Feststellung der Lage von Fehlstellen in den Werkstoffen, zur Ermittelung günstigster Betriebzahlen bei den röntgenographischen Untersuchungen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit im Schweißereibetriebe, zur Untersuchung von Werkstücken in größeren Abmessungen mittels Röntgenstrahlen unter Verwendung von Fluoreszenzschirmen in besonderen, der Praxis angepaßten Ausführungsformen und unter besonderer Berücksichtigung geeigneter Schutzvorrichtungen gegen die Beschädigungen durch Röntgenstrahlung und Hochspannung. Über die Ergebnisse dieser Arbeiten wird später berichtet werden. [B 140]

Die technologischen Eigenschaften von Aluminiumkristallen [1]

Von G. Sachs, Berlin-Dahlem

Mitteilung aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung

Die Analyse des Verformungsvorganges bei Kristallen — Elastizitätsgrenze und Verfestigung — Festigkeit und Dehnung — Reißflächen und Reißfestigkeit — Verwickelte Gleitvorgänge bei Raumtemperatur und bei höheren Temperaturen — Erholung und Rekristallisation — Kristalle und Kristallhaufwerk

Die systematische Herstellung einzelner Metallkristalle in Abmessungen, die für physikalische Messungen zureichen, ist in den letzten Jahren — auf verschiedenen Wegen — gelungen[2]. Man erhält Kristalle in Stabform, Blechform usw., deren äußere Form ohne Beziehung zur Lage des Kristallgitters sein kann. Hierdurch ist erst die Möglichkeit geschaffen worden, die Eigenschaften von Metallen im einfachsten Zustand zuverlässig und mit einiger Vollständigkeit zu erfassen. Denn die Bindung einer großen Menge von Kristallen zu einem Kristallhaufwerk, womit man es in der Technik in der Regel zu tun hat, ist von Fall zu Fall verschieden und beeinflußt daher die Eigenschaften in bisher nicht übersehbarer Weise.

Dies gilt in besonders starkem Maße von den technologischen oder mechanischen Eigenschaften der Metalle, die ihr Verhalten bei Beanspruchungen und nachträglichen Temperaturänderungen bestimmen. Die Untersuchungen an einzelnen Kristallen führten gerade in diesen Fragen zu vielen überraschenden Erkenntnissen, wodurch unsre Vorstellungen über das Metall stark beeinflußt worden sind.

Die Grundlage unsrer heutigen Kenntnisse über die mechanischen Eigenschaften von Kristallen bilden die Untersuchungen von Polanyi, Schmid und ihren Mitarbeitern an Zink, Zinn und Wismut[3]) sowie von Carpenter, Taylor und Elam an Aluminium[4]).

Die an Zink, Zinn und Wismut beobachteten Erscheinungen sind wegen des niedrigen Schmelzpunktes dieser Stoffe und der verhältnismäßig geringen Symmetrie ihres Gitters (hexagonal, tetragonal und rhomboedrisch) teilweise sehr verwickelt. Ihr Verhalten hängt stark von der Verformungsgeschwindigkeit ab[5]), und die technologischen Eigenschaften einzelner Kristalle sind sehr verschieden von denen feinkristalliner Stoffe[6]).

Das Verhalten der gelegentlich noch untersuchten regulär-körperzentrierten Kristalle Wolfram[7]) und Eisen[8]) ist noch nicht genügend geklärt.

Gut erforscht und weitgehend zahlenmäßig faßbar sind die Eigenschaften von Aluminiumkristallen (sowie einiger andrer regulär-flächenzentrierter Kristalle)[9]). Der Gleitmechanismus bei Dehnung und Stauchung ist durch die Untersuchungen von Taylor und Elam[10]) sichergestellt; und gemeinsam mit Karnop und Frh. v. Göler habe ich eingehend den Zugversuch[11]) sowie in Fortsetzung der Versuche von Carpenter und Elam[12]) die Rekristallisationsverhältnisse[13]) untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeiten über Aluminium sollen zusammenfassend dargestellt werden[14]).

Die Ausführungen gelten in vielen grundlegenden Punkten für die andern Metallkristalle mit. Einzelheiten über diese Stoffe müssen jedoch den Originalarbeiten entnommen werden.

Die Analyse des Verformungsvorganges bei Kristallen

Aus den Versuchen von Reusch[15]) und Mügge[16]) an Mineralien, sowie den Beobachtungen von Tammann[17]), Ewing und Rosenhain[18]) an Metallen geht schon die Bedeutung der Gleitvorgänge für die plastische Verformung hervor. Die einzelnen Teile eines Kristalls schieben sich danach bei plastischer Verformung ähnlich wie die Geldstücke einer Geldrolle aufeinander ab. Der Nachweis durch den Versuch für die Richtigkeit dieser Gleitvorstellung ist dann durch Messung der Abmessungsänderungen einzelner Kristalle, d. h. durch Feststellung ihres Deformationstensors[18a]), geführt worden.

RZ 165 Z 1

Abb. 1
Deformationsellipsoid bei beliebiger Verformung, zum Schnitt gebracht mit der Einheitskugel.

RZ 165 Z 2

Abb. 2
Deformationsellipsoid einfacher Gleitung und Einheitskugel. (Die angedeuteten Kreisschnittebenen bleiben unverformt.)

Ein vollständiges Bild von der Verformung gewinnen wir auf folgende Weise: Denken wir uns aus einem gleichmäßig beanspruchten Versuchstab eine Kugel vom Radius 1 herausgeschnitten, so geht diese durch irgendeine plastische Verformung in ein volumengleiches[19]) Ellipsoid über. Die Durchmesser längen sich hierbei, Abb. 1, zum Teil, zum andern Teil verkürzen sie sich, und nur die Mantellinien eines Kegels ändern ihre Länge nicht. Wir finden diesen unverformten Kegel, wenn wir die Einheitskugel entsprechend Abb. 1 mit dem Deformationsellipsoid zum Schnitt bringen und die Punkte der Schnittkurve mit dem gemeinsamen Mittelpunkt von Kugel und Ellipsoid verbinden. Im besonderen Falle kristallographischer Gleitung entartet der undeformierte Kegel in zwei Ebenen, Abb. 2. Die Gleitebenen, die in Abb. 2 wagerecht liegen mögen, bleiben ja nach der Gleitvorstellung in sich unverändert, und das Deformationsellipsoid hat daher mit der Einheitskugel zwei Großkreise gemeinsam. Die Abgleitung erfolgt in der Gleitrichtung, die senkrecht auf der Schnittkante der beiden unverformten Ebenen steht.

[1]) Vorgetragen in der Berliner Ortsgruppe der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik sowie im Vortragsausschuß für technische Mechanik des Berliner Bezirksvereines deutscher Ingenieure.

[2]) Vergl. die Zusammenstellung der Verfahren in W. Eitel, Handbuch der Arbeitsmethoden in der organischen Chemie Bd. IV/2 S. 463; G. Sachs, Z. f. Met. Bd. 17 (1925) S. 238.

[3]) G. Masing und M. Polanyi, Erg. Exakt. Naturwiss. Bd. 2 (1923) S. 127, und E. Schmid, Proc. Int. Congress Applied Mech. Delft (1924) S. 342; Z. f. Phys. Bd. 40 (1926) S. 54.

[4]) H. C. H. Carpenter und C. F. Elam, Proc. Roy. Soc. Bd. 100 A (1921) S. 329; Bd. 107 A (1926) S. 171; G. J. Taylor und C. F. Elam, Proc. Roy. Soc. Bd. 102 A (1923) S. 643; Bd. 108 A (1925) S. 28.

[5]) O. Haase und E. Schmid, Z. f. Phys. Bd. 33 (1925) S. 413.

[6]) M. Polanyi und E. Schmid, Z. f. Techn. Phys. Bd. 5 (1924) S. 580.

[7]) F. S. Goucher, Phil. Mag. (6) Bd. 48 (1924) S. 229 u. 800.

[8]) G. J. Taylor und C. F. Elam, Proc. Roy. Soc. Bd. 112 A (1926) S. 337.

[9]) C. F. Elam, Proc. Roy. Soc. Bd. 109 A (1925) S. 143; Bd. 112 A (1926) S. 289.

[10]) a. a. O.; G. J. Taylor und W. S. Farren, Proc. Roy. Soc. Bd. 111 A (1926) S. 529.

[11]) Frh. v. Göler und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 41 (1927) S. 103; R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 41 (1927) S. 116; Naturwiss. Bd. 14 (1926) S. 1282.

[12]) a. a. O.

[13]) R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 42 (1927) S. 283.

[14]) Außerdem liegen noch Versuche über verwickelte Beanspruchungen (Torsion, Dauerbeanspruchung) von J. Czochralski, Z. Bd. 67 (1923) S. 533 u. f., Naturwiss. Bd. 13 (1925) S. 425 u. f. und H. J. Gough, D. Hanson und S. J. Wright, Phil. Trans. Bd. 226 A (1926) S. 1; J. Inst. Metals Bd. 36 (1926, II) S. 173 vor.

[15]) E. Reusch, Ann. Phys. Bd. 132 (1867) S. 441; Bd. 147 (1872) S. 307.

[16]) O. Mügge, z. B. N. Jahrb. Min. 1889, I S. 130/78.

[17]) G. Tammann, Lehrbuch der Metallographie, Leipzig.

[18]) J. A. Ewing und W. Rosenhain, Phil. Trans. Bd. 193 A (1899) S. 353, Bd. 195 A (1900) S. 279.

[18a]) Unter Deformationstensor versteht man die mathematische Funktion, die den Verformungszustand vollständig beschreibt.

[19]) Die Volumenänderungen bei plastischen Verformungen sind sehr gering, besonders bei einzelnen Kristallen, vergl. O'Neill, J. Iron Steel Inst. Bd. 109 (1924, I) S. 93.

Abb. 3.
Lage einer Gleitfläche mit den dazugehörigen Gleitrichtungen im flächenzentrierten Elementarwürfel des Aluminiums

Abb. 4
Darstellung des Zugversuches an einem Kristall

Auf der Polkugel In der ebenen Projektion
Abb. 5 und 6
Darstellung des Zugversuches an einem Kristall
P Ausstichpunkt der Stabachse *g* Ausstichpunkt der Gleitrichtung *f* Pol der Gleitfläche

Taylor und Elam gingen nun so vor, daß sie an prismatischen Kristallstäben nach bestimmten Reckungen sechs Größen durch Messung verfolgten, nämlich die Dehnung, die Breitenänderungen der Seitenflächen, die Winkel zwischen den Seitenflächen und die Winkel zwischen eingeritzten Marken auf den Seitenflächen und den Kanten. Aus der Veränderung dieser drei Längen und drei Winkel kann die Lagenänderung jedes einzelnen Punktes des Kristallstabes in bezug auf ein im Kristall festgehaltenes Koordinatensystem und aus diesen Transformationsgleichungen das Deformationsellipsoid und der undeformierte Kegel berechnet werden.

Zur allgemeinen Lagenänderung infolge Verformung gehört noch eine Drehung im Raume, die durch die sechs gemessenen Größen nicht erfaßt wird. Es handelt sich vielmehr um die Feststellung der Gitterlage, also die Lage der drei Kristallachsen, zu den Bezugsrichtungen im Stabe (Stabachse) vor und nach der Verformung. Taylor und Elam führten diese Orientierungsbestimmung röntgenographisch durch.

Das Ergebnis der Untersuchungen von Taylor und Elam an gedehnten Stäben war, daß unter bestimmten Umständen tatsächlich zwei nahezu unverformte Ebenen vorhanden sind, daß die eine von ihnen, die Gleitebene, eine wichtige kristallographische Fläche im regulärflächenzentrierten Gitter des Aluminiums, Abb. 3, ist. Sie erwies sich stets mit hoher Annäherung als eine Oktaederfläche {111}, und als Gleitrichtung war eine Würfelflächendiagonale [110] wirksam. Hiermit erscheint der Nachweis für die Berechtigung der Gleitvorstellung geführt.

Darüber hinaus ergab sich weiterhin, daß von den zwölf nach den Symmetrieverhältnissen des Aluminiumgitters gleichberechtigten Gleitbewegungen, Abb. 3, diejenige wirksam wurde, bei der die Schubspannungskomponente auf der Gleitebene in der Gleitrichtung den größten Wert hatte.

Die Orientierungsänderung des Kristallstabes unterliegt folgenden Gesetzen[20]). Bei einfacher Gleitung müssen sich die Gleitrichtung und die Stabachse einander nähern, Abb. 4. Die Lage der Kristallachse wird aber durch die Zugrichtung bestimmt, da das Kräftegleichgewicht das Zusammenfallen dieser beiden Richtungen fordert. Diese Randbedingung des Zugversuchs bewirkt also, daß bei einfacher Gleitung die Gleitrichtung sich der Zugrichtung nähert. Die Orientierungsänderung hierbei kann aus dem Verhältnis der Stablängen vor oder nach der Verformung leicht berechnet werden.

Den Dehnungsvorgang kann man in einfacher Weise dadurch darstellen, daß man sich das Gitter des Kristallstabes in der Mitte einer Polkugel oder Lagenkugel festgehalten denkt[21]) und den Ausstichpunkt *P* der Stabachse auf der Polkugel verfolgt, Abb. 5. Als Bezugspunkte dienen die Ausstichpunkte von Kristallrichtungen oder von Kristallflächennormalen, die Pole von Kristallflächen. Die Kugeloberfläche wird noch zweckmäßig auf die Ebene, etwa mittels stereographischer Projektion[22]), abgebildet, Abb. 6. Mit Hilfe eines stereographischen Winkelnetzes können dann die Vorgänge beim Dehnen oder Drücken eines Probekörpers innerhalb dieses Kreises geometrisch verfolgt werden.

Wegen der Symmetrie des Aluminiumgitters erschöpft ein einziges Poldreieck: Würfelkante [100] – Würfelflächendiagonale [110] – Würfeldiagonale [111] alle Orientierungsmöglichkeiten. Man kann die kristallographischen Zeiger immer so wählen, daß die Stabachse in einem bestimmten Poldreieck aussticht.

Bei allen Orientierungen innerhalb eines solchen Dreiecks nimmt auch nach den Rechnungen von Taylor und Elam die wirksame Schubspannung für die gleiche Gleitfläche und Gleitrichtung den größtmöglichen Wert an. Das Poldreieck, Abb. 6, umfaßt also gleichzeitig alle Orientierungen, für die der Gleitvorgang auf demselben System vor sich geht. In Abb. 5 und 6 ist der Pol der Gleitfläche mit *f*, die Gleitrichtung mit *g* bezeichnet.

Die Dehnung eines Aluminiumkristalls stellt sich nun nach Abb. 6 so dar, daß die Stabachse *P* zur Gleitrichtung *g* hinwandert, und zwar auf einem Großkreis, da diese Bewegung sich in einer Ebene abspielt. Abb. 7 gibt ein Beispiel aus der zweiten Arbeit von Taylor und Elam, welche die gute Übereinstimmung der Versuchsergebnisse • • mit den errechneten Lagen ⊥ — — ⊥ zeigt (die beigeschriebenen Zahlen geben die Dehnung an).

Der Gleitvorgang verläuft jedoch in der Darstellung Abb. 7 nur bis zur Grenzlinie zweier Poldreiecke *A* und *B* in dieser Weise. Sobald diese Grenzlinie erreicht ist, bewegt sich die Stabachse entsprechend Abb. 7 auf ihr nach der mit 121 bezeichneten Lage hin. Das kann je nach der Orientierung des Kristalls von der Würfellage 010 her (in der Darstellung Abb. 7 von oben her) oder von der Oktaederlage 111 her (in der Darstellung von unten her) erfolgen.

Der Kristallrichtung [121] kommt hierbei die Bedeutung zu, daß sie die resultierende Richtung zweier Gleitbewegungen ([011] und [110], Abb. 7) ist. Jede Grenzlinie

Abb. 7
Darstellung des Zugversuches an einem Aluminiumkristall nach Taylor-Elam
Zahlen-Dehnung in v H
121 = Endlage bei doppelter Gleitung

[20]) H. Mark, M. Polanyi und E. Schmid. Z. f. Phys. Bd. 12 (1922) S. 58.

[21]) K. Weißenberg, Z. f. Krist. Bd. 61 (1925) S. 58.

[22]) H. F. Boecke, Die Anwendung der stereographischen Projektion, Berlin 1911.

Abb. 8
Fließgefahrkörper für Aluminium nach Schmid

Die Strecke vom Mittelpunkt nach einem Punkt der Oberfläche gibt die Zugspannung in der betreffenden Richtung für eine gleichbleibende wirksame Schubspannung an.

gehört ja zu zwei Poldreiecken *A* und *B*; es sind daher zwei Gleitbewegungen gleichberechtigt, die gleichzeitig oder in kleinen Stufen nacheinander vor sich gehen. Diese beiden Gleitsysteme zeichnen sich auch, wie in Abb. 16 bis 18, auf der Oberfläche gedehnter Kristalle in Form einander durchschneidender Ellipsen ab. Und eine solche doppelte Gleitung führt in der Tat, wie durch rechnerische Verfolgung der Zickzackgleitbewegung nachgewiesen ist[23]), zu dem beobachteten Ergebnis. Die Richtung [121] vertritt für die Beschreibung der Orientierungsänderung und der Dehnung bei doppelter Gleitung die Stelle der Gleitrichtung bei einfacher Gleitung.

Bei Zinn und Zink liegen insofern verwickeltere Verhältnisse vor, als mehrere ungleichwertige Gleitsysteme vorhanden sind. Eine Gleitbewegung wird dort durch eine andre in andrer Weise als bei Aluminium abgelöst, und dieser Vorgang ist in starkem Maße von der vorangegangenen Dehnung und der Dehnungsgeschwindigkeit abhängig[24]).

Elastizitätsgrenze und Verfestigung

Der einzelne Kristall weist, wie schon durch die erste Untersuchung von Mark, Polanyi und Schmid nachgewiesen war, alle wichtigen technologischen Eigenschaften des Metalls auf.

Eine wirkliche Elastizitätsgrenze in nicht verformtem Zustande hat sich bis jetzt weder bei Metallkristallen noch bei Kristallhaufwerken nachweisen lassen. Je feiner die Meßeinrichtung, bei desto niedrigeren Spannungen können bleibende Verformungen festgestellt werden. Bei Zinkkristallen[25]) liegt die Elastizitätsgrenze sicher unter 0,1 kg/mm², bei Steinsalzkristallen[26]) unter 0,2 kg/mm².

[23]) Frh. v. Göler und G. Sachs a. a. O.
[24]) E. Schmid, Z. f. Phys. Bd. 40 (1926) S. 54.
[25]) P. Rosbaud und E. Schmid, Z. f. Phys. Bd. 32 (1925) S. 197.
[26]) M. Polanyi und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 33 (1925) S. 692.

Abb 10
Kraft-Dehnungskurven verschieden orientierter Aluminiumkristalle

Abb. 9
Erläuterung der kristallographischen Abgleitung *t*

Das etwaige Vorhandensein einer Elastizitätsgrenze wird jedenfalls durch die Verfestigung des Kristalls verdeckt. Der Widerstand von Kristallen nimmt, wie Abb. 10 bis 14 zeigen, in der Regel mit dem Verformungsbetrage zu.

Die unmittelbar durch den Versuch feststellbaren Kurven verlaufen jedoch je nach der Orientierung des Kristalls sehr verschiedenartig, Abb. 10 und 11.

Durch die Versuche von Schmid[27]) sowie Taylor und Elam[28]) ist nun bis zu einem gewissen Grade sichergestellt, daß als physikalisch wirksame Spannungsgröße die Schubspannung auf der Gleitebene in der Gleitrichtung und nicht irgendeine der üblichen technologischen Größen, wie Kraft, Zugspannung oder größte Schubspannung, Abb. 10 und 11, anzunehmen ist.

So fand Schmid bei reinen und legierten Zinkkristallen eine deutlich ausgesprochene Streckgrenze, bei der unvermittelt größere Verformungen einsetzten. Die Zugspannung hierbei war stark abhängig von der Orientierung, die wirksame Schubspannung dagegen unabhängig. Bei Aluminium gehören zu einer bestimmten Schubspannung Zugspannungen, deren äußerste Werte bei verschiedenen Orientierungen sich etwa wie 1 : 2 verhalten. Die Orientierungsabhängigkeit der Zugspannung kann nach Schmid durch den Fließgefahrkörper, Abb. 8, veranschaulicht werden. Die Verbindungslinie des Mittelpunktes mit einem Punkte der Oberfläche gibt die Größe der Zugspannung in der betreffenden Orientierung des Kristallstabes bei gleichbleibender Schubspannung an.

Über die einer physikalischen Darstellung zugrunde zu legende Verformungsgröße ist erst durch die neuesten Arbeiten[29]) soweit Klarheit geschaffen, daß es die kristallographische Abgleitung sein muß. Unter kristallographischer Abgleitung *t* ist hierbei der Gleitweg eines Gleitschichtenpaketes von der Dicke 1 verstanden, Abb. 9. Auf Grund der Gleitvorstellung leuchtet auch dieses ohne weiteres ein.

Die Zusammenstellung verschiedener Darstellungsmöglichkeiten, Abb. 10 bis 14, zeigt, daß die Kurven der Schub-

[27]) E. Schmid, Proc. Int. Congr. Appl. Mech. Delft 1924 S. 342. Abb. 8 entstammt einem Vortrag von Dr. E. Schmid in Frankfurt a. M. und ist mir freundlicherweise von ihm zur Verfügung gestellt worden.
[28]) a. a. O.
[29]) Frh. v. Göler und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 41 (1927) S. 103; R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 41 (1927) S. 116; vgl. E. Schmid, Z. f. Phys. Bd. 40 (1926) S. 54.

Abb. 11
Zugkurven verschiedener Aluminiumkristalle

Abb. 12
Kurven der Schubspannung in Abhängigkeit von der Querschnittverminderung verschieden orientierter Aluminiumkristalle

Abb. 14
Kurven der Schubspannung in Abhängigkeit von der Abgleitung von Aluminiumkristallen

Abb. 13
Kurven der Schubspannung in Abhängigkeit von der Abgleitung verschieden orientierter Aluminiumkristalle

spannung in Abhängigkeit von der Abgleitung[30]) extrem orientierter Aluminiumkristalle (besonders im Gegensatz zu den technologischen Kurven) einigermaßen zusammenfallen, und zwar bis auf ± 15 vH Abweichung von einer Mittelkurve.

Diese Abweichung von ± 15 vH geht aber noch in systematischer Weise über die Streuung zwischen gleichorientierten Kristallen (rd. ± 5 vH) erheblich hinaus. Kristalle, deren Achsen nahezu einer Würfeldiagonale des Gitters parallel liegen, z. B. Kristall Nr. 9, Abb. 13, zeigen im Mittel einen um 10 bis 15 vH höheren Widerstand als die übrigen Kristalle. D. h. solche Kristalle, die nach Abb. 10 einer bestimmten Dehnung einen hohen Zugwiderstand entgegensetzen, verlangen auch noch für eine bestimmte Abgleitung eine verhältnismäßig hohe Schubspannung. Die Ursache dieser Abhängigkeit ist noch nicht geklärt. Sieht man von solchen Kristallen ab, so ist die

[30]) Diese Darstellung setzt voraus, daß sowohl für einfache als auch für doppelte Gleitung die Beziehungen zwischen den gemessenen Größen (Zugspannung, Dehnung, Anfangsorientierung) und den gesuchten (Schubspannung in der Gleitrichtung auf der Gleitfläche, kristallographische Abgleitung) rechnerisch erfaßt sind. Da die zahlenmäßige Umrechnung sehr umständlich ist, wurden Schablonen für graphische Umrechnung (in stereographischer Projektion) entworfen, die für alle Kristalle des regulär-flächenzentrierten Systems gültig sind. (Vergl. Frh. v. Göler und G. Sachs a. a. O.)

Abb. 15 Gleichmäßig gereckter Teil eines Aluminiumkristalls mit Gleitlinien Vergr. 2,1

Abb. 16 Beginn der Einschnürung Vergrößerung 2,1 fach

Abb. 17 Zwei Systeme von Gleitlinien in der Einschnürung (Ansicht der Breitseite) Vergr. 2,2

Abb. 18 Fortgeschrittene Einschnürung (Schrägansicht) Vergr. 2,1

Abb. 19 Beginn des Trennungsvorganges (Ansicht der Schmalseite) Vergrößerung 2,7 fach

Abb. 20 Fließkegel in zwei Ansichten Vergrößerung 3,2 fach

Abb. 15 bis 20
Verhalten von Aluminiumkristallen beim Zugversuch

Abb. 21
Orientierung der Kristallachse im gleichmäßig gereckten Teil der Kristallstäbe

Abb. 22
Festigkeit der untersuchten Kristalle in kg/mm². Die Achsen der Kristalle liegen in der Würfelzone.

Abb. 23
Gleichmäßige Dehnung der untersuchten Kristalle in vH. Die Achsen der Kristalle liegen in der Würfelzone.

[Ü]bereinstimmung der übrigen Kurven, Abb. 14, sehr viel [b]esser, und zwar gleichgültig, ob einfache oder doppelte [G]leitung stattfindet.

Bei Zink fallen die Kurven der Schubspannung in [A]bhängigkeit von der Abgleitung nach Versuchen von [S]chmid[31]) noch besser zusammen als bei Aluminium. [A]llerdings ist bei diesen Versuchen die Streuung der [V]ersuchsergebnisse recht erheblich. Anderseits gehen [d]ie technologischen Kurven (Last-Dehnung) bei Zink [w]eit stärker auseinander als bei Aluminium.

Festigkeit und Dehnung

Die wichtigen technologischen Kennziffern Festigkeit [u]nd Dehnung sind keine einfachen physikalischen Größen[32]). [O]bwohl auch sie orientierungsabhängig sind, ergeben sie [si]ch am einfachsten aus dem Wechselspiel: Spannungszu[n]ahme (infolge Verfestigung) — Querschnittabnahme (in[f]olge Dehnung), ohne kristallographische Umrechnung[33]).

Solange die Last ansteigt, dehnt sich jeder Stoff gleich[m]äßig; nach Erreichung einer Höchstlast bildet sich da[ge]gen in der Regel bei abfallender Last und geringer weite[re]r Dehnung eine Einschnürung aus. An dieser Stelle ent[st]eht schließlich durch Trennung ein Fließkegel.

Aluminiumkristalle verhalten sich auch ganz in dieser [W]eise, Abb. 15 bis 20. Und zwar flachen sich Kristalle [b]ei der Dehnung zu einem Bande ab, derart, daß zylin[d]rische Stäbe einen elliptischen Querschnitt annehmen. Die [g]roße Achse der Ellipse bleibt hierbei annähernd gleich dem [D]urchmesser des ursprünglichen zylindrischen Stabes.

Weder der Höchstlastpunkt noch der Abschluß der [gl]eichmäßigen Dehnung, die danach ungefähr zusammen[fa]llen müssen, sind durch den Versuch ohne weiteres faß[b]ar. Die Last bleibt beim Versuch meist einige Zeit nahezu [k]onstant, und die Dehnung ist vielfach nicht gleichmäßig [g]enug, um zuverlässige Werte zu geben.

Der Einschnürungspunkt, der die gleichmäßige Deh[n]ung abschließt, kann jedoch dadurch einigermaßen sicher [er]faßt werden, daß sich dann der Zusammenhang zwischen [de]r Dehnung einer bestimmten Meßlänge und der Quer[sc]hnittverminderung der engsten Stelle des Stabes unver[m]ittelt ändert. Bei gleichmäßiger Dehnung prismatischer [St]äbe stehen die Dehnung λ und die Querschnittvermin[d]erung q in der aus der Erhaltung des Volumens fol[ge]nden Bedingung: $q = \frac{\lambda}{1+\lambda}$, während nach Ausbildung [ei]ner Einschnürung die Dehnung einer größeren Meßlänge [se]hr viel langsamer zunimmt als die Querschnittverminde[ru]ng der engsten Stelle der Einschnürung.

Anderseits ergibt sich die Querschnittverminderung bei [H]öchstlast unmittelbar aus der Höchstlastbedingung: Kraft [=] Zugspannung × Querschnitt = Maximum. In der gra[ph]ischen Darstellung der Zugspannung s über dem Quer[sc]hnitt (oder der Querschnittverminderung q) ist sie diejenige Querschnittverminderung, in der die Tangente an die Kurve den Wert der halben Ordinate hat, wie beim Querschnitt 0 ($q = 100$ vH).

Die Durchführung dieser Bestimmungen an 18 Aluminiumkristallen[34]) ergab für die Höchstlastdehnung im Mittel um rd. 5 vH größere Werte als für die gleichmäßige Dehnung. Dieser verhältnismäßig geringe Unterschied läßt sich durch den Einfluß der Geschwindigkeit erklären[35]).

Abb. 21 zeigt auch noch, daß die Orientierung des gleichmäßig gereckten Stabteils innerhalb der Fehlergrenzen der Orientierungsbestimmung mit dem berechneten Höchstlastpunkt übereinstimmt. Die Orientierung ist hier allerdings, wie die großen Fehlerdreiecke zeigen, sehr unsicher; sie wurde nach dem Verfahren von Bridgman[36]) aus den Ätzreflexen bestimmt, und diese sind bei verformten Kristallen infolge Verkrümmung der Kristallflächen nicht sehr scharf. Dies bedeutet aber noch keine eigentliche Änderung des Gitters. Eine Verzerrung des Kristallgitters durch die Verformung war vielmehr nicht nachweisbar, da die 12 Winkel zwischen den Kristallachsen unregelmäßig um 90° schwankten, z. B. wurde in einem Falle gemessen: 92, 88, 90, 88, 90, 86, 95, 90, 88, 90, 88, 90°. Innerhalb der erheblichen Meßfehlergrenzen dieser Versuche bleibt also das kubische Gitter erhalten[37]). Bei sehr viel höherer Meßgenauigkeit konnte jedoch van Arkel[38]) geringe Unregelmäßigkeiten im Gitter feststellen, die sich durch die Anwesenheit innerer Spannungen erklären.

Die Orientierungsabhängigkeit der Festigkeit und gleichmäßigen Dehnung geht aus den in Abb. 22 und 23 zusammengestellten Versuchswerten hervor[39]). Die gleichmäßige Dehnung ist etwa 5 bis 10 vH kleiner als die Gesamtdehnung und zuverlässiger zu bestimmen.

Die Festigkeit zeigt mit geringen Abweichungen den gleichen Verlauf wie die Zugspannung, die zu einer konstanten Schubspannung in der Ausgangslage gehört, Abb. 8. Dies folgt daraus, daß die Festigkeit lediglich ein durch die Mechanik des Zugversuches ausgezeichneter Wert der Zugspannung ist. Kristalle, deren Achse einer Würfeldiagonale [111], Abb. 22, parallel liegen, haben eine fast doppelt so hohe Festigkeit wie Kristalle mit Achsen in der Würfelzone [010] bis [110].

Die Dehnung ist am größten für Kristalle, deren Achsen einer Würfelflächendiagonale [110], Abb. 23, parallel gehen. Diese Kristalle legen den größten Weg bei einfacher Gleitung zurück, wobei die Orientierungsänderung im Sinn einer Erhöhung der Zugspannung wirkt.

[31]) E. Schmid, Z. f. Phys. Bd. 40 (1926) S. 54.
[32]) G. Sachs, Z. Bd. 70 (1926) S. 1167.
[33]) P. Ludwik, Elemente der technologischen Mechanik, Berlin [19]09; G. Sachs, Bericht des Werkstoffausschusses im Verein deutscher [Ei]senhüttenleute Nr. 58 (1925) S. 1167.

[34]) R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys., a. a. O.
[35]) G. Sachs, Bericht des Werkstoffausschusses im Verein deutscher Eisenhüttenleute Nr. 58 (1925).
[36]) P. W. Bridgman, Proc. Americ. Acad. of Arts and Science Bd. 60 (1925) S. 306; vergl. Z. f. Met. Bd. 18 (1926) S. 90.
[37]) Der abweichende Befund (bis 60°) von J. Czochralski, a. a. O., nach einem grundsätzlich gleichen Verfahren konnte in keinem Falle bestätigt werden.
[38]) A. E. van Arkel, Physica Bd. 5 (1925) S. 208; Naturwiss. Bd. 13 (1925) S. 662.
[39]) J. Czochralski, Z. f. Met. Bd. 15 (1923) S. 7 fand durch Versuche an einigen kleinen Kupferkristallen für deren Festigkeit eine ähnliche Orientierungsabhängigkeit, jedoch größere Unterschiede als nach der Gleitvorstellung möglich sind. Die Orientierungsabhängigkeit der Dehnungswerte deckt sich dagegen garnicht mit der hier gefundenen.

Hohe Temperatur Raumtemperatur bis 350 °

Abb. 24
Fließkegel von Aluminiumkristallen

Abb. 29
Vierzähliger Fließkegel eines Aluminiumkristalls

Die geringsten Dehnungswerte haben Kristalle, deren Achsen einer Würfeldiagonale [111] parallel liegen.

Diese Zusammenhänge zwischen den technologischen Kennziffern und der Orientierung folgen nach den vorhergehenden Ausführungen zwangläufig aus dem Umstande, daß die Kurven der Schubspannung in Abhängigkeit von der Abgleitung für Kristalle aller Orientierungen annähernd zusammenfallen.

Reißflächen und Reißfestigkeit

Eine wichtige Eigenschaft fehlt Aluminiumkristallen, nämlich die Fähigkeit, beim Dehnen oder Spalten kristallographische Flächen freizulegen. Solche Flächen lassen sich nur bei verhältnismäßig spröden Kristallen erzeugen. An Zink und Wismut hat Schmid[40]) festgestellt, daß beim Dehnen bei niedrigeren Temperaturen Trennung in einer bestimmten Kristallfläche dann erfolgt, wenn die Normalspannung auf dieser Reißfläche einen kritischen Wert erreicht.

[40]) E. Schmid, Proc. Int. Congress Applied Mech. Delft 1924, S. 342.

Abb. 25
Abhängigkeit der Fließkegelgestalt von der Orientierung bei Warmzerreißversuchen. (Die beigeschriebenen Zahlen geben die Versuchstemperatur an.)

Während also für den Gleitvorgang die Schubspannung in der Gleitrichtung maßgebend ist, erfolgt Trennung unter einer bestimmten Normalspannung auf der Reißfläche. Gleiten und Trennungsbruch sind also zwei ganz verschiedene Vorgänge.

Reißfläche und Gleitfläche sind, wie Polanyi[41]) erkannt hat, stets wichtige kristallographische Flächen, d. h. die Atome liegen in ihnen besonders dicht aneinander, senkrecht zu den Flächen dagegen besonders weit entfernt. Entsprechend ist auch die Gleitrichtung dicht mit Atomen belegt.

Verwickelte Gleitvorgänge bei Raumtemperatur und bei höheren Temperaturen

Schon bei Raumtemperatur ist die Querschnittgestalt gedehnter Aluminiumkristalle bei einfacher Gleitung nicht völlig die rechnerisch geforderte[42]). Dies äußert sich besonders darin, daß die bei einfacher Gleitung zu erwartende Verbreiterung des Kristallbandes bei bestimmten Orientierungen ausbleibt. Es treten also offenbar außer den aus mechanischen Überlegungen heraus zu erwartenden Gleitvorgängen auch andere Gleitsysteme in geringem Maß in Tätigkeit. Ihr Anteil fällt allerdings nur wenig ins Gewicht.

Bei Versuchstemperaturen oberhalb 350 ° ist jedoch der Verformungsmechanismus offenbar verwickelter als bei niedrigen Temperaturen[43]). Bei der Dehnung nimmt dann, Abb. 24, der Querschnitt in allen Richtungen erheblich ab. Je nach der Orientierung, Abb. 25, wird er dabei elliptisch oder nahezu kreisförmig. An der Hand von Röntgenaufnahmen nach dem Drehkristallverfahren[44]), Abb. 26 und 27 ergab sich, daß das Kristallgitter seine Lage im Stabe so

[41]) M. Polanyi, Z. f. Phys. Bd. 17 (1923) S. 42.
[42]) R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 41 (1927) S. 116.
[43]) R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 42 (1927) S. 283.
[44]) Die Aufnahmen entsprechen Aufnahmen von Stoffen mit Fasertextur, deren Deutung M. Polanyi, Z. f. Phys. Bd. 7 (1921) S. 149 gegeben hat. Vergl. G Sachs und E. Schiebold, Z. Bd. 69 (1925) S. 1457 u. f.; G Sachs, Z. Bd. 70 (1926) S. 1634.

Abb. 26
Fließkegel mit elliptischem Querschnitt

Abb. 27
Fließkegel mit rundem Querschnitt

Abb. 28
Fließkegel bei Raumtemperatur

Abb. 26 bis 28. Drehkristallaufnahmen von Fließkegeln von Aluminiumkristallen

Abb. 30
Entfestigung von Aluminiumkristallen durch Glühen (Last-Dehnungskurven)

Abb. 34
Temperaturen beginnender Rekristallisation von Kristallen und Kristall-Haufwerkstäben aus Aluminium (Glühdauer ½ h)

änderte, daß die Stabachse sich in die Lage der Würfelachse, Abb. 26, oder in die Nähe einer Würfeldiagonale einstellte, Abb. 27, während bei Raumtemperatur die Endlage der Kristallachse eine [112]-Richtung ist, Abb. 28. Ein solches Verhalten ist bei gleichzeitiger Wirksamkeit von mehr als zwei Gleitbewegungen zu erwarten[45]).

Bei Raumtemperatur war einmal eine ähnliche Erscheinung zu beobachten. Der Fließkegel eines Kristalls, dessen Achse zu Beginn des Versuches parallel einer Würfelkante lag, weist eine vierzählige Achse auf, Abb. 29, aber keine Symmetrieebene. Von den bei solcher Orientierung möglichen acht Gleitbewegungen sind danach gerade vier wirksam gewesen, die der beobachteten Symmetrie entsprechen. Die Orientierungsbestimmung ergab, daß auch nach dem Bruch die Stabachse die Richtung einer Würfelkante beibehalten hatte.

Erholung und Rekristallisation

Eine weitere wichtige technologische Eigenschaft ist die Fähigkeit zur Rückbildung der Verfestigung bei Erwärmung eines verformten Metalles. Diese Entfestigung kann ohne nachweisliche Gefügeänderungen vor sich gehen und wird dann als Erholung oder Vergütung bezeichnet. Oder sie ist mit einer Neubildung von Kristallen, der Rekristallisation, verbunden[46]).

Für die Erholung fehlt bisher jeder Versuch einer überzeugenden Erklärung. Abgesehen von den mechanischen Änderungen, die sich etwa entsprechend Abb. 30 in der Erniedrigung der Elastizitätsgrenze und Streckgrenze äußern, gibt es kein anderes Anzeichen für die Erholung. Das Lauebild eines verformten Kristalls mit verkrümmten Kristallflächen[47]), Abb. 31 bis 33, ändert sich z. B. bei der Erholung überhaupt nicht. Und erst bei genügend hohen Temperaturen entstehen mit vollständiger Entfestigung neue Kristallkörner. Die im nächsten Abschnitt beschriebenen Versuche[48]) zeigen aber, daß trotz der scheinbaren Unabhängigkeit der Erholung von der Rekristallisation enge Zusammenhänge zwischen den Verfestigungs- und den Rekristallisationsvorgängen bestehen müssen.

Die Rekristallisationsvorgänge unterliegen einem einfachen Gesetz. Je stärker die vorangegangene Verformung, desto niedriger liegt, Abb. 34, die Temperatur beginnender Rekristallisation. Eigenartig hierbei ist die Tatsache, daß schwach verformte Aluminiumkristalle (und auch feinkristalline Stäbe) unter dem Schmelzpunkt überhaupt nicht rekristallisieren[49]), während z. B. bei Kupferblech, 200 ° unter dem Schmelzpunkt, nach den geringsten Reckungen ein neues Gefüge entsteht.

Für feinkristalline Stoffe gilt auch die Regel, daß die neugebildeten Kristalle um so größer ausfallen, je geringer der Verformungsbetrag war. Bei Kristallen sind jedoch die Erscheinungen mannigfaltig und nicht ohne weiteres einheitlich einzuordnen. Die Größe, Gestalt und Anordnung der neuen Kristalle hängt von der Art der vorangegangenen Verformung ab. Nach einfacher Gleitung z. B. folgen die neuen Korngrenzen, wie beim Kristall der Abb. 35, vielfach früheren Gleitflächen, während nach stärkeren Verformungen meist stark zerfetzte Kristalle entstehen. Der Rekristallisationsbeginn ist ferner auch von den Versuchsbedingungen abhängig. Je höher die Versuchstemperatur, desto geringer ist nach Abb. 36 das Rekristallisationsbestreben. Bei Temperaturen über 500 ° zerrissene Aluminiumkristalle rekristallisieren überhaupt vor dem Schmelzen nur zu einem kleinen Stück des Fließkegels, Abb. 37, und dieses größtenteils schon während des

[45]) G. Sachs und E. Schiebold, Naturwiss. Bd. 13 (1925) S. 964.
[46]) M. Polanyi und E. Schmid, Z. f. Phys. Bd. 32 (1925) S. 684; F. Koref, Z. f. Met. Bd. 17 (1925) S. 213; R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 42 (1927) S. 283.
[47]) Vergl. G. Sachs, Z. Bd. 70 (1926) S. 1634.
[48]) R. Karnop und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 41 (1927) S. 116.
[49]) H. C. H. Carpenter und C. F. Elam, Proc. Roy. Soc. Bd. 107 A (1925) S. 171.

Abb. 31
15 vH gedehnt, nicht geglüht

Abb. 32
geglüht 400 °, ½ h

Abb. 33
geglüht 600 °, ½ h

Abb. 31 bis 33. Laueaufnahmen von gedehnten und geglühten Aluminiumkristallen

Abb. 35
Rekristallisierter Aluminiumkristall. Neue Kristalle parallel den Gleitflächen aneinandergewachsen (vergl. Abb. 15)

Abb. 37
Bei hohen Temperaturen zerrissener und im Fließkegel rekristallisierter Aluminiumkristall

Abb. 36
Temperaturen beginnender Rekristallisation bei verschiedenen Temperaturen gedehnter Kristalle (Glühdauer ½ h)

Versuches. Bei Zinnkristallen[50]) beschleunigt Erhöhung der Versuchsgeschwindigkeit den Rekristallisationsvorgang; bei Aluminium ist der Einfluß der Geschwindigkeit jedoch (selbst bei hohen Temperaturen) gering.

Kristalle und Kristallhaufwerk

Im Verhalten von Kristallen und Kristallhaufwerken bestehen wahrscheinlich keine grundsätzlichen Unterschiede. Bei Kristallhaufwerken sind jedoch die Wirkungen einer bestimmten Verformung in der Regel größer als bei Kristallen. Dies gilt z. B. für das Rekristallisationsvermögen, Abb. 34, und für die Verfestigungswirkung, Abb. 11.

Bei Aluminium lassen sich auch gewisse zahlenmäßige Zusammenhänge erkennen. Den Verformungskurven. Abb. 11, läßt sich entnehmen, daß ein feinkristalliner Stab eine bestimmte Spannung bei einer etwa halb so großen Querschnittverminderung erreicht, wie im Mittel die Kristalle. Dieser Unterschied ist aber so gering, daß Kristalle bestimmter Orientierung einen größeren Verformungswiderstand haben als Kristallhaufwerkstäbe.

Für die Temperatur beginnender Rekristallisation gilt nach Abb. 34 eine ähnliche Beziehung. Um Kristalle bei einer bestimmten Mindesttemperatur zu rekristallisieren, müssen sie etwa drei- bis viermal so stark verformt werden wie feinkristalline Stäbe.

Bei Zink und vermutlich auch andern Kristallen geringer Symmetrie sind die Unterschiede im Verhalten von einzelnen Kristallen und Kristallhaufwerkstäben sehr viel größer[51]). Und zwar sowohl in der Verfestigung als auch im Rekristallisationsvermögen. Einfache Zusammenhänge wie bei Aluminium sind dort auch nicht erkannt.

Die Unterschiede im Verhalten von Kristallen und feinkristallinem Stoff werden vielfach stark übertrieben und zu besonderen Eigenschaften der Kristallgrenzen in Beziehung gesetzt. Solche Unterschiede sind jedoch bei Aluminium nur dann nachweisbar, wenn der Kristall frei von äußerem Zwang seinem kristallographischen Verformungsbestreben folgen kann. Dagegen verhalten sich durch eine Düse gezogene Kristalle, denen also eine bestimmte Gestaltänderung aufgezwungen wird, in jeder Beziehung wie entsprechend behandelte feinkristalline Stäbe, wie es z. B. Abb. 34 für das Rekristallisationsvermögen zeigt.

Aus den Eigenschaften der einzelnen Kristalle lassen sich auch gewisse Schlüsse auf die Eigenschaften von Haufwerken ziehen, wenn in diesen die Kristalle in gesetzmäßiger Weise angeordnet sind. In Kupferblech können z. B. die Kristalle je nach der Vorbehandlung sehr genau mit einer Würfelfläche in der Blechebene und einer Würfelkante in der Walzrichtung oder auch ganz ungeordnet liegen. Die technologischen Eigenschaften solcher Bleche stehen zueinander in einem Verhältnis, wie es von entsprechend orientierten Kristallgruppen zu erwarten ist[52]): Ein Blech mit Würfeltextur besaß in der Walzrichtung, also parallel einer Würfelkante, geringe Festigkeit, 21,2 kg/mm², und geringe Dehnung, 33 vH, unter 45° zur Walzrichtung, also parallel einer Würfelflächendiagonale, geringe Festigkeit, 21,6 kg/mm², und große Dehnung, 54 vH, und das Blech mit ungeordnetem Gefüge wies in allen Richtungen eine verhältnismäßig hohe Festigkeit, 24,9 kg/mm², und geringe Dehnung, 37,5 vH, auf. Wie den Abb. 22 und 23 entnommen werden kann, entsprechen diese Zahlen annähernd den Verhältnissen bei Aluminiumkristallen. Aus den Versuchsergebnissen an einzelnen Kristallen lassen sich also heute schon wichtige Rückschlüsse auf das Verhalten von feinkristallinem Werkstoff bei Beanspruchungen in der Praxis ziehen.

[50]) M. Polanyi und E. Schmid, a. a. O.

[51]) M. Polanyi und E. Schmid, a. a. O.

[52]) Frh. v. Göler und G. Sachs, Z. f. Phys. Bd. 41 (1927) S. 889; vergl. O. Bauer und G. Sachs, „Metall und Erz" Bd. 25 (1927) S. 154.

[B 165]

Schluß des Textteiles

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H. Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 — SONNABEND, 30. APRIL 1927 — NR. 18

Technische Neuerungen in der Zellstoff- und Papierindustrie

Von Dr.-Ing. Frhr. von Laßberg, München

Die technischen Neuerungen in der Zellstoff-Holzschliff- und Papierindustrie, die sich im letzten Jahrzehnt eingeführt haben werden behandelt. Dabei wird besonders auch die ausländische Industrie berücksichtigt.

Die Zellstoff- und Papierindustrie spielt im deutschen Wirtschaftsleben eine bedeutende Rolle. Im Jahre 1924 betrug die Zellstofferzeugung etwa 800 000 t, ie Holzschlifferzeugung 600 000 t, die Papiererzeugung 400 000 t und die Erzeugung von Kunstseide 9000 t. Zell- off und Holzschliff sind die wichtigsten Halbstoffe zur apierfabrikation. Beim Zellstoff sind die die Holzfasern krustierenden Bestandteile chemisch gelöst; die Faser ird relativ rein und unverletzt erhalten. Holzschliff ist echanisch geschliffenes Holz. Der Holzschliff enthält so zertrümmerte Fasern mit den inkrustierenden eilen.

Die Zellstoffindustrie

Grundlegende und umstürzende Änderungen in der erwendung der Rohstoffe und in den bisher bewährten rzeugungsarten sind nicht zu verzeichnen. Dagegen ist s weiteres großes Absatzgebiet für die Zellstoffindustrie die immer mehr an Bedeutung zunehmende Kunstseidenindustrie dazugekommen. Im Kriege baute sich auf die Zellstoffherstellung die ganze deutsche Pulver- und Sprengmittelversorgung des Heeres auf. Als Fortschritt besonders in der Zellstoffindustrie, in der bis vor dem Kriege noch sehr empirisch gearbeitet wurde, ist es anzusprechen, daß man gelernt hat, die eigentlichen Fabrikationsvorgänge, insbesondere den Kochvorgang, um den sich die ganze Herstellung dreht, auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse besser zu beherrschen; sodann hat man erreicht, angeregt vor allem durch die Kunstseidenindustrie und durch die schärferen Anforderungen der Papierindustrie, besondere Stoffe, die für verschiedene Veredelungsindustrien nötig sind, herauszuarbeiten. Die Betriebsüberwachung der verschiedenen Erzeugungsstufen ist besser durchgebildet worden, Amerika ist hier vorbildlich vorangegangen.

Abb. 1
Thorne-Schälmaschine
Die Maschine wird zum Schälen von 5 bis herab zu 1 m langem Holz gebraucht.

Abb. 2
Sulfit-Zellstoffkocher von rd. 230 m³ Inhalt; Kocherarmaturen aus säurefester Bronze

Gasaustritt — Laugenentnahme — Laugenstandzeiger — *d* Probierarmatur — *e* Stoffprobenentnahme — *f* Entleervorrichtung — *g* Wasserzuführung — *h* Dampfeintritt oder Ablaugenaustritt

Im übrigen sind als die Hauptfortschritte in der Zellstoffindustrie die zunehmende Mechanisierung der Betriebe, die weitestgehende Verwertung der Abfallstoffe und die Durchbildung bester Wärmewirtschaft anzusprechen. Wie nun bekannt, zerfällt die ganze Zellstoffherstellung in die drei großen Abschnitte: die Holzvorbereitung, die eigentliche Kochung und die Zellstoffaufbereitung. Die Holzvorbereitung besteht im Schälen, Hacken und Sortieren des Holzes. Hierbei sind im wesentlichen nur geringe Änderungen zu verzeichnen; allerdings hat sich in Amerika im Gegensatz zum Schälen des Holzes durch Messerscheiben, wie es bei uns meist üblich ist, die sogenannte Reibungschälung sehr eingebürgert, bei der, dadurch daß sich die Holzstämme selbst gegeneinander reiben, Rinde und Bast entfernt wird. Abb. 1 zeigt eine solche Maschine größter Ausführung für das Entrinden von Holz. In neuester Zeit haben auch verschiedene europäische Fabriken die Thorne-Schälmaschine bestellt.

Für die Lösung der Inkrusten, die bei 105 °C beginnt, wird die Bisulfitlauge unmittelbar oder mittelbar erwärmt. Das unmittelbare Schnellkochverfahren bürgert sich stark ein, doch bleiben einige alte Firmen von gutem Namen bei

der ursprünglichen langsamen mittelbaren (Mitscherlich-) Kochung. Benutzt werden in neuen Werken fast ausschließlich große stehende Kocher bis zu 6,5 m Dmr. und 14 m Höhe, was einem Rauminhalt von 350 m³ entspricht. Die mittlere Ausbeutezahl liegt je nach Holzart und Füllungsart zwischen 80 und 100 kg lufttrockenen Zellstoffs aus 1 m³ Kocher-Füllraum, so daß derartige Kocher rd. 30 t lufttrockenen Zellstoff liefern. Die Kocher selbst sind mit säurefesten Steinen ausgemauert, die vielfachen Armaturen bestehen aus säurefester Bronze; neuerdings verschafft sich der Kruppsche säurefeste Stahl für derartige Säurearmaturen trotz seines hohen Preises immer mehr Eingang. Abb. 2 zeigt einen Kocher und verschiedene Kocherarmaturen.

An der Verbesserung der Füllverfahren bei den Kochern wurde in neuester Zeit erfolgreich gearbeitet. Während man vor etwa zehn Jahren noch mit der Hand mit Holzstampfern die Holzschnitzel in den Kocher stampfte, kam man über die vielfach eingeführten Preßluftstampfer und über Fallgewichte verschiedener Bauart zu den heutigen Füllverfahren, unter denen das von Fresk sich einen Namen gemacht hat. Beim Fresk-Verfahren werden durch ein Gerät, Abb. 3, das über jeden Kocher während der Füllzeit aufgestellt wird, die Holzschnitzel von einem Warmluftstrom durch ein Teleskoprohr hindurch in den Kocher geblasen und durch einen Verteilkegel am unteren Ende des Teleskoprohres so gelenkt, daß sie sich nicht hochkant, sondern flach im Kocher lagern, der dadurch eine dichtere Füllung bekommt. Dieses Füllverfahren hat den Vorteil, daß die Kocher dichter beschickt werden können; dadurch wird Lauge und Wärme gespart und die Betriebsregie verbilligt. Noch neuer ist das Svenson-Verfahren, das die Holzschnitzel mit Dampf in den Kocher bläst.

Durch dauernde wissenschaftliche Erforschung des Kochvorganges und durch laufende Betriebsbeobachtung ist es gelungen, auf das Endergebnis des Kochens, das früher oft genug ein Zufalltreffer war, bestimmenden Einfluß zu erhalten. Trotz allen diesen Forschungen ist der eigentliche Aufbau des Lignins, in das ja die Zellstoffasern eingebettet sind, auch heute noch nicht restlos erkannt.

Die Aufbereitungsanlagen, die hinter der Kochung kommen, zeigen wenig durchgreifende Neuerungen. Man bringt nach wie vor den Zellstoff nach verschiedenen Aufschließungs- und Reinigungsverfahren hier und da als feuchte, meist als lufttrockene Pappe in den Handel. In solchen Zellstofffabriken, an die Papierfabriken angeschlossen sind, wird der Zellstoff nur eingedickt und als Dickstoff in die Holländer einge lassen.

Die Laugenbereitungsanlage für Bisulfit lauge war lange Zeit eine vernachlässigte Abteilung fas jeder Zellstoff-Fabrik. Während diese Anlagen oft genu noch vor kurzer Zeit mit ihrem mit der Hand gefeuerte Kiesofen, mit den Staubkammern und unförmigen Gas kühlern und mit den Absorptionstürmen aus Holz fü technische Begriffe noch sehr mangelhaft waren, bereite man heute die Lauge in durchaus hochwertigen Anlagen Abb. 4 und 5 zeigen eine solche Anlage, die aus der Auf bereitung für Schwefelkies, aus der Ofenanlage zum Ab rösten des Kieses, aus der Gaskühlanlage und aus de Absorptionstürmen besteht. Abb. 6 zeigt im einzelne einen Kiesröstofen, Bauart Lurgi, Abb. 7 einen neuzeit lichen Jensen-Laugenturm.

Die Laugentürme, früher und auch heute noch viel fach aus Holz, neuerdings aus Eisenbeton aufgebaut, sin das weithin sichtbare Zeichen jeder Zellstoff-Fabrik. Al Enderzeugnis gibt die Laugenbereitungsanlage die so genannte Turmlauge ab. Diese wird sodann durch SO_2 Gase, die aus den Kochern zurückgewonnen werden, zu

Abb. 4 und 5
Laugenbereitungsanlage, Bauart Lurgi G. m. b. H., Frankfurt am Main

a Röstofen für Schwefelkies
b Aufgabetrichter
c Abbrandbunker
d Abbrandabfuhr
e Schwefelofen
f Bunker für Kies und Schwefel
g Elektr. Gasreinigung nach Cotrell-Möller-Verfahren
h Gaskühler
i Sauglüfter
k Umschalteinrichtung für die SO_2-Gase (einmal wird auf den rechten, einmal auf den linken Turm gearbeitet)
l Laugenumstellbottich
m Laugenpumpen
n Zwillingsturmanlage mit Kalksteinfüllung
o Aufzug für Kalksteine und für die Turmbedienung
p Schalttafel

RZ 2601 Z 4

RZ 2601 Z 5

zu den Frischlaugenbehälter

RZ 2601 Z 3

Abb. 3
Schema der Kocherfülleinrichtung nach Fresk

a Holzschnitzel aus dem Speicher
b_1 Lüfter
b_2 Kocheraufsatz
c ausziehbares Rohr
d Warmluft aus dem Kocher
e Verteilkegel

Abb. 6
Schwefelkies-Röstofen, Bauart Lurgi, von rd. 5 m Dmr. und rd. 5 m Höhe

a Kiesaufgabe
b umlaufender Rechen
c Vorwärmeboden
d Heißluftabzug
e SO_2-Abzugleitung zum Kühler (Temp. der Gase 600 bis 700 °C)
f Aufgabe des Röstgutes in den Ofen
g erste Röstzone
h Schaulöcher
i Luftleitung
k l m n o p zweite bis siebente Röstzone
q luftgekühlter Rührarm
r Zähne des Armes
s Steigleiter
t Antrieb der Hohlwelle des Ofens
u besteigbare Hohlwelle mit 14 luftgekühlten Rührarmen (zwei auf jede Rostzone); die Steigleitern dienen zum Auswechseln der Rührarme während des Betriebes
v Kühllufteintritt
w Abbrandabfuhr
x Eisenmantel des Ofens

Kochlauge mit 4 bis 5 vH SO_2-Gehalt verstärkt. Allgemein ist man in letzter Zeit zu noch stärker konzentrierten Kochlaugen übergegangen.

Die Ablaugenverwertung mit all ihren Aufgaben bietet ein reiches Arbeitsfeld für den Zellstoff-Chemiker. Die für die Zellstoffabriken hauptsächlich in Frage kommenden Hölzer bestehen aus rd. 45 bis 50 vH Zellulose und aus 55 bis 50 vH Ligninen, Harzen usw. Die Ablauge enthält diese ganzen herausgelösten Bestandteile. Sie führt also in Deutschland die ungeheure Menge von jährlich rd. 800 000 t Inkrusten (an jedem Arbeitstag also rd. 2200 t wertvoller organischer Substanz) in die Flüsse ab. Diese Mengen werden heute zum allergeringsten Teil ausgenutzt. Seit dem Kriege wird wenigstens die in Schweden schon lange eingeführte Spirituserzeugung aus der Ablauge betrieben. Man kann im großen Durchschnitt mit einer Ausbeute von 1 Vol.-vH Sprit aus der Ablauge rechnen. In 17 Fabriken werden in Deutschland bisher nur jährlich 24 Mill. l Sulfitspiritus erzeugt, rd. 100 Mill. l könnten erzeugt werden; der Sprit findet zu technischen Zwecken Verwendung, seine Veredlung zu Genußspiritus ist in Deutschland noch verboten. Sie ist ohne weiteres ausführbar, und in ausländischen Fabriken wird sie tatsächlich durchgeführt. Bei der Verarbeitung zu Sulfitspiritus wird aber nur ein ganz kleiner Teil der Ablauge ausgenutzt, die Schlempe aus den Sulfitspiritusfabriken geht nach wie vor mit all ihren wertvollen Bestandteilen in die Flüsse; in einigen Fabriken wird noch Gerbstoff-Extrakt durch Eindicken der Ablauge gewonnen. Auch zur Herstellung von Klebstoffen wird sie benutzt, doch sind das alles verhältnismäßig kleine Verwendungsgebiete. Eine großzügige durchschlagende Verwendungsmöglichkeit für die täglich anfallenden sehr großen Ablaugenmengen fehlt noch.

Naturgemäß drängt sich immer wieder die Frage der Verheizung der Trockenrückstände der Ablauge, die in trockener Form etwa 4000 kcal/kg Heizwert haben, in den Vordergrund. Die Verheizung dieser Trockenrückstände ist durchaus möglich. Sie scheiterte früher an dem Fehlen wirtschaftlicher Eindickverfahren; denn die Ablauge kommt mit 7° Bé, also mit nur rd. 10 vH Trockengehalt aus dem Kocher. Selbst wenn sie nur auf Dickflüssigkeit, also auf etwa 36° Bé eingedickt wird, wobei ihr Heizwert rd. 2000 kcal/kg beträgt, müssen noch sehr große Wassermengen abgedampft werden. Neuerdings sind in den Anlagen für Brüdenverdichtung wirtschaftliche Eindickmöglichkeiten gegeben, die die Frage der Verbrennung aller Trockenrückstände, zu dem ja durch das Sulfitkohle-Verfahren in Schweden schon der Anstoß gegeben worden ist, wieder beachtlich machen. Grundsätzlich sollte die Verbrennung der Rückstände, die eine durchaus rohe Verarbeitungsform darstellt, erst dann vor sich gehen, wenn aus den Ablaugen die entsprechenden hochwertigen Bestandteile gewonnen sind.

Abb. 8 zeigt eine ausgeführte Ablaugen-Eindickungsanlage, Bauart Lurgi; der erste Verdampfer wird dabei mit Brüden-Strahlverdichtern betrieben, dahinter sind

Abb. 7
Zwillingsturmanlage der Zellstoffabrik Aschaffenburg (Jensen-Turm) rd. 40 m hoch

Vorn die beiden eigentlichen Laugentürme, hinten der Turm für den Aufzug

Abb. 8
Eindickanlage für Ablauge, Bauart Lurgi

Abb. 9. Thorne-Bleichanlage für hochkonzentrierte Bleiche. Die dicke Linie zeigt den Lauf des Stoffes durch die Apparatur.

noch zwei Mehrfachverdampfer für den Brüdenrest geschaltet. Auch die Maschinenfabrik Escher Wyss & Co., Zürich, baut bewährte Eindampfanlagen. Bei solchen Eindampfungsanlagen spielt die Baustofffrage eine große Rolle, da es sich um schwach saure Dämpfe und Kondensate handelt, die die Anlage besonders stark angreifen. Da es möglich erscheint, die jetzt schon vorhandenen Maschinen noch zu vereinfachen und zu verbessern und auch der schwierigen Frage der Krustenbildung an der Heizfläche Herr zu werden, so steht als greifbares Zukunftbild die Möglichkeit vor uns, daß eine Zellstoffabrik nach entsprechend durchgebildeter Wärmewirtschaft keine oder doch nur verschwindend wenig Kohlen zu ihrem Betrieb braucht, daß sie vielmehr letzten Endes fast ihren gesamten Brennstoff aus sich selbst gewinnt[1]). Auch die übrige Abfallverwertung, besonders die Verarbeitung der Äste, des abgehenden Faserwassers, sowie die der Schälspäne, hat erfreuliche Fortschritte gemacht. Die Abbrände aus der Kiesofenanlage werden wieder auf Zink oder Kupfer verhüttet.

Ein großer Teil des Zellstoffes, besonders jener, der für feine weiße Papiere verwendet wird, muß gebleicht werden. Die B l e i c h a n l a g e n , die bisher fast unverändert als Holländerbleichen mit 7 bis 8 vH Stoffdichte durchgebildet waren, sind neuerdings Gegenstand eifrigen Studiums und manch umstrittener Meinungen. Die Bleichanlagen mit hoher Stoffkonzentration, die in amerikanischen Anlagen schon eingeführt sind, machen gegenwärtig viel von sich reden. Die Vorteile sind: Erzielung eines hochwertigen Erzeugnisses, bedeutende Ersparnisse an Bleichmitteln und an Dampf, ferner ergeben diese Bleichanlagen einen ununterbrochen arbeitenden Betrieb mit all seinen Vorteilen. Die heute auf dem Markt befindlichen Dickstoffbleichen sind hauptsächlich durch die Verfahren von T h o r n e und von W o l f gekennzeichnet. Abb. 9 zeigt eine Thorne-Bleichanlage; sie hat sich schon in ganz großen Anlagen bis zu 250 t Tageserzeugung bewährt. Äußerlich ist sie hauptsächlich durch die großen Bleichtürme gekennzeichnet.

Außerordentlich fruchtbar war in den letzten Jahren die Ausbildung der W ä r m e w i r t s c h a f t in der Zellstoff- und Papierindustrie[2]). Beim Kochen des Zellstoffes und dem darauffolgenden Trocknen sind für 1 kg lufttrocken gedachten Zellstoff nach dem heutigen Arbeitsverfahren rd. 2,5 bis 2,8 kg Dampf von etwa 7 at zum Kochen und rd. 2 kg von 3 at zum Trocknen nötig. Der Kraftverbrauch beträgt etwa 0,25 kWh für 1 kg lufttrocken gedachten Stoffes. Dabei ist der Dampfbedarf zum Kochen nach Größe und Zeit außerordentlich schwankend, der zum Trocknen sehr gleichmäßig. Angegliederte Bleicherei, Spritfabrik und Ablaugen-Verwertungsanlagen vergrößern noch den Heizdampfbedarf der Zellstoffabrik, ohne deren Kraftbedarf wesentlich zu erhöhen. In Zellstoffabriken handelt es sich daher im allgemeinen um drei Netze von verschiedenem Dampfdruck, nämlich eines vom Kesseldruck, eines vom Kocherdruck und eines vom Druck der Trockenpartien. Der schwankende Dampfbedarf der Kocher war lange Zeit ein schwieriger Punkt für das Kesselhaus, bis der Ruths-Speicher, der ja an den Erfordernissen der Zellstofferzeugung von seinem Erfinder durchgebildet wurde, hier gründlich Besserung schaffte, und zwar um so mehr, je weniger und je größere Kocher eine Fabrik betreibt. Dabei muß sein großer Vorteil, den er der Wärmewirtschaft durch Schaffung eines gleichmäßigeren Kesselhausbetriebes bringt, eigentlich gegenüber dem großen Vorteil, den er für den Herstellungsgang der Ware hat, zurücktreten; er macht diesen zeitlich frei von dem bisherigen engsten Querschnitt, der oft genug im Kesselhaus lag, und ermöglicht so, gewisse Vorgänge zeitlich viel rascher durchzuführen als bisher. Die Ausbeutemöglichkeit eines Kochers in der Zeiteinheit kann wesentlich durch den Ruths-Speicher, der normal zwischen das 7 at- und 3 at-Netz geschaltet wird, gefördert werden.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 341.

[2]) v. L a ß b e r g , Die Wärmewirtschaft in der Zellstoff- und Papierindustrie. 2. Aufl., Berlin 1926, Julius Springer.

a Laugenbehälter
b Laugenpumpe
c Frischlaugenleitung zum Druckbehälter (7 at).
c' Abgasleitungen zum Anwärmen der Frischlauge in der Frischlaugenleitung *c*
d Druckbehälter für Frischlauge
e Abgasleitungen und Leitung für Entspannungsdämpfe zu den Druckbehältern
f Leitung für die heiße Frischlauge zum Kocher
g Pumpe für *f*
h Leitung für Kochdampf
i Sicherheitsventil
k Rückschlagventil

Abb. 10. Rückgewinnung der Kocherabfallwärme zur Frischlaugenanwärmung

Während man noch vor einigen Jahren in den Zellstoffabriken niemals den zum Kochen nötigen Dampf, ja oft nicht einmal den Dampf für die Trockenpartie zur vorhergehenden Krafterzeugung ausnutzte, ist das heute, ermöglicht durch die höheren Kesseldrücke, anders geworden. Das typische Heizkraftwerk einer Zellstofffabrik baut sich derart auf, daß Kessel von 25 bis 36 at je nach Art der Fabrik und der Beiwerke in Betrieb sind. Gegendruck-Anzapfturbinen mit rd. 3 at Gegendruck und einer Anzapfstelle für den Kocherdampf (7 at) versorgen das Heizdampfnetz. Zum Ausgleich der Dampfschwankungen dient dann ein Ruths-Speicher. Je nach Lage, besonders wenn noch Papierfabriken angegliedert sind, die den Kraftbedarf unter Umständen stark vermehren, kann auch die Kondensationsturbine mit zwei Anzapfstellen bei 3 und 7 at in Frage kommen. Solche Turbinen bewirken die Dampfverteilung auf das Werk vollkommen selbsttätig. Die an und für sich recht verwickelten Steuerungen kann man heute vollständig beherrschen[3]).

Infolge der günstig gelagerten Heizdampf- und Kraftverbrauchverhältnisse ist eine reine Zellstoffabrik in der Regel in der Lage, ihren Kraftbedarf ganz im Gegendruckbetrieb zu erzeugen, ja in gewissen Fällen, besonders bei hochgewählten Kesseldrücken und bei angegliederten Spritfabriken noch Überschußkraft abzugeben. Dabei müssen die Bestrebungen noch mehr, als es heute geschieht, dahin gehen, durch Erniedrigung des Gegendrucks besonders in den Trockenpartien die Kraftausbeute für 1 kg Heizdampf zu erhöhen. Beste Durchbildung des Gegendruckbetriebes ermöglichen es, die Wärmeverbrauchzahl für 1 kg lufttrockenen Zellstoffes, die vor wenigen Jahren noch 8000 bis 9000 kcal in der Kohle betrug, auf 4000 bis 5000 kcal herunterzubringen. Es sei an dieser Stelle wiederholt darauf hingewiesen, daß die Kraft, die im Gegendruckbetrieb erzeugt wird, außerordentlich billig ist; Brennstoffpreise von 0,3 bis 0,5 ₰/kWh werden erreicht, so daß die im Gegendruckbetrieb erzeugte Kraft selbst mit sehr billigen Wasserkräften erfolgreich in Wettbewerb treten kann.

Weitere große wärmetechnische Aufgaben harren aber noch der Lösung. In fast allen Zellstoffabriken gehen heute noch große Wärmemengen in Form von Abfallwärme, besonders aus der Kochung, aber auch aus der Trockenpartie, verloren. Die Abfallwärme der Kocher besteht hauptsächlich in der Flüssigkeitswärme der abgehenden Ablauge und in der Entspannungswärme, die am Schluß der Kochung frei wird. Allein die Ausnutzung dieser Abfallwärme aus den Kochern erlaubt es, ohne weitere Kohlenaufwendungen die Frischlauge, die heute mit 25 bis 30 °C in den Zellstoffkocher kommt, auf 60 bis 80 °C vorzuwärmen, so daß sich der Dampfverbrauch der Kocher durch die Frischlaugenvorwärmung um etwa 30 bis 40 vH ermäßigen läßt. Wesentliche Erschwernisse für die allgemeine Durchführung der Frischlaugenanwärmung ist die Zusammensetzung der SO_2-haltigen Frischlauge, die eine Anwärmung unter Druck verlangt, sowie die schwierige Baustofffrage; diese Schwierigkeiten sind aber unbedingt zu überwinden. In bezug auf die Frischlaugenanwärmung durch die Kocherabwärme hat die Zellstoff-Fabrik Waldhof bahnbrechend gewirkt und sich ihre Verfahren in einer Reihe von Patenten schützen lassen. Abb. 10 zeigt das Schema einer solchen Rückgewinnungsanlage der Kocherabfallwärme. Die Frischlauge wird dabei durch die während und besonders am Ende des Vorganges abgehende Entspannungswärme in Kugelbehältern von erheblichen Abmessungen vorgewärmt. Abb. 11 zeigt solche Kugelbehälter von etwa 12 m Dmr. für einen Betriebsdruck von 6 at. Die Behälter sind in ähnlicher Weise wie die Zellstoffkocher säurefest ausgemauert. Außer dem Wärmegewinn bringt das Verfahren noch eine bedeutende Schwefelersparnis.

Das Arbeitsverfahren verläuft im einzelnen wie folgt:

1. Die von der Laugenbereitung *a* kommende Turmlauge mit z. B. 24 °C und rd. 3 vH SO_2 insgesamt und 0,98 vH CaO wird mittels Pumpe *b* so an den oberen Kocherstutzen vorbeigeleitet (Leitung *c*), daß sie mit Hilfe eines Strahlapparates die heißen SO_2-Gase (Leitung *c'*) unter Erwärmung auf etwa 35 °C bis zu einem Gehalt von etwa 3,4 bis 3,5 vH Gesamt-SO_2 begierig ansaugt und sie dann in geschlossene Druckbehälter *d* drückt. Diese Druckbehälter können vorhandene Druckgefäße oder alte Kocher sein.

2. Im Druckbehälter wird die Lauge bei etwa 4 at Überdruck bis zur Konzentration der fertigen Kochlauge, durchschnittlich 4,5 vH SO_2, angereichert und die Temperatur auf etwa 60 bis 80 °C erhöht.

3. Das Übertreiben der Gase im einzelnen Kocher spielt sich in der Weise ab, daß beim An- und Hochkochen ausschließlich und beim Schlußabgasen bis hinunter auf etwa 3 at Überdruck unmittelbar in die Laugendruckbehälter (Leitung *e*) gegast wird. Lediglich der letzte Rest des Kocherdrucks von 3 at Überdruck bis hinunter auf etwa 1,5 at Überdruck wird durch Niederschlagen der Dämpfe, wie unter 1 geschildert, in der vorbeigepumpten Frischlauge beseitigt.

4. Vom Druckbehälter wird die heiße Kochlauge durch die Pumpe *g* oder durch Aufsetzen eines Dampfpolsters in die Kocher gedrückt (Leitung *f*).

Abb. 11
Kugeldruckbehälter zum Anwärmen der Frischlauge mit Kochereiabwärme

[3]) Vergl. Kraft: Neuzeitliche Dampfturbinen. [Berlin 1926, VDI-Verlag, S. 100 u. 101

Trockenpartie

Abb. 13. Papiermaschine

a Knotenfänger *b* Siebpartie *c* Sauger *d* Gautschpresse *e* Filzwaschpresse *f* Naßpressen

Holzschleifereien

Während die Zellstoffabriken sich immer mehr zu Betrieben größter Art entwickelt haben, die wegen der Abwasserfragen an großen Flüssen bzw. am Meere liegen, sind die Holzschleifereien mit wenig Ausnahmen Betriebe kleinen Umfangs geblieben. Bekanntlich besteht das Holzschleifverfahren darin, daß auf Schleifsteinen das Holz zu Holzbrei — Holzschliff — zerschliffen wird; das Erzeugnis ist also minderwertiger als Zellstoff, da es die Inkrusten noch enthält und die eigentlichen Fasern im Gegensatz zum Zellstoff mehr oder weniger zertrümmert sind. Ein Mittelding zwischen dem weißen Holzschliff und dem Zellstoff ist dann noch der braune Holzschliff, der vor dem Schleifen einem Dämpfvorgang unterliegt, so daß ein Teil der Inkrusten in Lösung geht. Die Schleifereien liegen gewöhnlich an kleinen und mittleren Wasserläufen. Allerdings macht sich immer mehr das Bestreben der Papierfabriken geltend, nicht mehr Handelsholzschliff aus solchen kleinen Schleifereien zu kaufen, sondern sich selbst Holzschleifereien an die eigene Papierfabrik anzugliedern. Es ist damit für sie der große Vorteil verbunden, daß sie sich den Holzschliff in der Art, wie sie ihn für die verschiedenen Papiere jeweils brauchen, selbst herstellen können und daher die Erzeugung in all ihren Arbeitsgängen besser in der Hand haben. Zudem vereinfacht sich der Herstellungsgang dadurch, daß die Papierfabrik den Schliff, der in der angegliederten Schleiferei hergestellt wird, in Dickstofform in ihre Holländer leiten kann. Bezieht sie den Schliff von auswärts, so muß sie immer den Umweg über die Pappenform des Schliffes wählen, der im Holländer erst wieder aufgeweicht werden muß.

Ein Markstein in der ganzen Holzschleiferei ist die Erfindung und Einführung des sogenannten stetigen Schleifers[4]). Er hat sich nicht nur in Europa, sondern auch in Amerika rasch und erfolgreich eingeführt. Durch die eine breite gleichförmig arbeitende Presse liefert er einen außerordentlich guten gleichmäßig fein raffinierten Stoff; der stetige Schleifer läßt sich in ganz großen Einheiten bis rd. 2000 PS Leistungsaufnahme je Schleifstein, aber auch für kleine Einheiten von wenigen hundert Pferdestärken Aufnahme bauen. Für diese kleinen Einheiten hat J. M. Voith eine eigene Bauart entwickelt. Die Antriebsleistung liefern gewöhnlich Wasserturbinen oder Elektromotoren, neuerdings bei großen Dampfschleifereien auch Dampfturbinen über Rädervorgelege[5]). Die oft, besonders in gebirgigen Gegenden, sehr ungleichmäßigen Wasserkräfte, die früher für Schleifereien eigentlich die einzige Antriebart waren, treten heutzutage, besonders wenn die Schleiferei mit Papierfabrik verbunden ist, immer mehr in den Hintergrund. Die früher beliebte Anordnung, mehrere Schleifereien in wenigen Kilometern Entfernung voneinander an ein und demselben Wasserlauf entsprechend den ausbaufähigen Stufen der Wasserkraft anzuordnen, wird heute immer mehr zugunsten der Vereinigung der Anlage an einer Stelle verlassen. Die verschiedenen Wasserkraftstufen werden dann lediglich zur Erzeugung des Stromes, der in einer einzigen Anlage zum Schleifen verwendet wird, benutzt. Während man die Schleifereien selbst früher gewöhnlich stufenförmig aufbaute, und zwar den Schleifer an der obersten Stelle, die übrigen Maschinen treppenförmig nach unten, legt man die neuzeitliche Schleiferei gewöhnlich ebenerdig an und nimmt lieber einmaliges Pumpen des Stoffes in die etwas höherstehenden Sortierer in Kauf.

[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 757.
[5]) Vergl. Kraft, Neuzeitliche Dampfturbinen, S. 117.

Hat eine Papierfabrik mit Schleiferei stark schwankende Wasserkräfte, so daß in Zeiten guten Wasserstandes Holzschliff für die Zeiten schlechten Wasserstandes als Lagerware erzeugt werden muß, so war es bis vor wenigen Jahren nötig, diesen Schliff in Pappenform herauszuarbeiten, auf hohe Stapel zu legen, später wieder abzustapeln und in die Holländer einzutragen, ein Vorgang, der außerordentlich viel Löhne, besonders im Winter, beanspruchte. Außerdem war dies Ursache zu Stoffverlusten und Stoffentwertung, besonders bei längerem Lagern. Die heutige Entwicklung geht nun dahin, diese Lohnarbeit dadurch zu vermeiden, daß der Stoff in besonderen Pressen, Abb. 12, in krümelige Form gebracht wird; durch Druckluft wird er dann in die Lagerräume geblasen, aus denen er zu Zeiten schlechten Wasserstandes wieder durch Druckluft über den Holländerboden geblasen wird. Durch diese ganze Einrichtung, die in den letzten Jahren entwickelt wurde, wird der Betrieb mehr zusammengefaßt und besser mechanisiert. Dabei laufen heute schon Blasanlagen, bei denen der Stoff auf 700 m Entfernung und mehr geblasen wird.

Im übrigen sucht man sich auch in Schleifereien, die mit Papierfabriken verbunden sind, von den schwankenden Wasserkräften und den dadurch immer verursachten schwankenden Betriebsverhältnissen nach Möglichkeit dadurch freizumachen, daß man die Vorteile von Hoch- und Höchstdruck-Dampfanlagen ausnützt. Es wird in den meisten Fällen möglich sein, durch solche Anlagen dauernd eine bedeutend höhere Kraftleistung als bisher zu erzielen und dadurch die Ungleichmäßigkeiten in der Wasserkraft, wenn auch nicht ganz zu beseitigen, so doch im günstigen Sinne zu beeinflussen. Dabei ist der Kohlenverbrauch nicht oder doch nur wenig höher als in der bisherigen Kraftanlage der Fabrik.

Auch in Holzschleifereibetrieben setzt sich immer mehr die Notwendigkeit ständiger Betriebsbeobachtung zum Vorteil eines für die betreffende Papiersorte richtigen Halbstoffes durch.

Papierfabrikation

In der Papierindustrie selbst, besonders in der Herstellung von Zeitungsdruckpapier, ist der Übergang zu immer größeren Maschineneinheiten bemerkenswert.

Stoffeinlauf vom Sortierer
Antrieb
Stoffauslauf, verstellbar
Sieb
Abwasser
RZ 2601 Z 12

Abb. 12
Voithsche Stoffpresse für Holzschliff und Zellstoff

ıit 6000 mm Siebbreite
Trockenpartie *h* Trockenglättwerk *i* Rollapparat *k* Rollenschneidmaschine

Abb. 13 zeigt die 6 m breite Maschine für Zeitungsdruckpapier, die die Firma J. M. Voith für die Firma Feldmühle, A.-G., Odermünde, geliefert hat. Weitere Maschinen von dieser Breite sind für das Ausland im Bau. Die Maschine liefert bei voller Ausnutzung in 24 h ein rd. 400 km langes und 5,9 m breites Papierband. Diese Tageserzeugung wiegt rd. 100 t. An der Maschine sind auch sonst wichtige Neuerungen zu sehen, besonders der Hochdruck-Stoffauflauf, Abb. 14, der das Stoffwasser schon mit einer gewissen Geschwindigkeit auf das Sieb bringt; ferner ist für rasches Wechseln des Siebes die Siebpartie herausfahrbar angeordnet, Abb. 15. Bei der großen Papiergeschwindigkeit, die bis zu 300 m/min gesteigert werden soll, wird das Papier in der Trockenpartie mit Druckluft aufgeführt, damit Gefahren für die Maschinenbedienung, die sonst mit der Hand aufführt, vermieden werden.

Zählen in Deutschland solche Maschinen noch zu den Seltenheiten, so ist in Amerika und Kanada im letzten Jahrzehnt die Herstellung von Zeitungsdruckpapier außerordentlich entwickelt worden. Es gibt Betriebe, die 700 t Zeitungsdruckpapier in 24 h erzeugen. Dabei handelt es sich dort jahraus, jahrein um das gleiche Fabrikat, so daß die Einrichtungen auf das vortrefflichste ausgebildet werden können und die Arbeiterzahl auf ganz kleine Besatzungen heruntergedrückt werden kann. Derart durchorganisierte amerikanische Zeitungsdruckpapier-Fabriken brauchen 1,5 bis 2 Mann je Tonne und Tag erzeugtes Papier.

In Werken, die nur e i n e Papiersorte herstellen, oder doch die Papiersorte nicht oftmals wechseln, hat sich das amerikanische Verfahren der selbsttätigen Stoffmischung eingeführt. Dieses sogenannte Trimbey- und Tibbits-Verfahren macht die Holländer zum größten Teile überflüssig. In genau einstellbaren Zuteileinrichtungen wird durch Meßräder Schliff, Zellstoff, Leim und Farbe genau in dem einmal eingestellten Mengenverhältnis einem Mischschacht zugeteilt. Der Gesamteintrag stürzt dann in einem gleichmäßigen Strom und unter genauer Einhaltung des gewünschten und einmal eingestellten Stoffeintrags in die Mischbütte, von wo der Stoffbrei dann gewöhnlich über eine Kegelstoffmühle auf die Maschine kommt. Dabei wird, um Fehler in der Stoffmischung auszuschließen, vor den Zuteileinrichtungen die Stoffkonsistenz von Schliff und Zellstoffbrei durch Regler genau gleichmäßig gehalten.

Die Arbeitsweise dieser Regler ist darauf gegründet, daß e i n Liter Stoffbrei von verschiedener Dichte verschiedenes Gewicht und verschiedene Zähflüssigkeit aufzuweisen hat. Durch die auftretenden Schwankungen in diesen Größen wird das Ventil der Zusatzwasserleitung betätigt, das nach einer geringen Schwankung in der Stoffkonsistenz durch mehr oder weniger Wasserzusatz die verlangte Stoffdichte wieder herstellt. An Stellrädern lassen sich jeweils mit der Hand die verschiedenen Stoffmischungen einstellen. Natürlich kann man auch Leim und Farbe ebenso gleichmäßig zuteilen. Abb. 16 und 17 zeigen diese neuartige Stoffmischmaschine, die in hierfür geeigneten Werken schon vielfach in Gebrauch ist.

Große Fabriken haben meist ihre eigenen Holzschleifereien und Zellstoffabriken mit außerordentlich fein durchgebildeter Betriebsüberwachung für jede Stufe der Erzeugung. Nur dadurch ist es auch möglich, auf diesen 6 m breiten Maschinen mit den großen Geschwindigkeiten zu arbeiten, was weniger eine Frage der Geschicklichkeit der Bedienung, als eine solche ganz geeigneter Halbstoffbeschaffenheit ist.

Während bisher die Papiermaschinen meist von e i n e m regelbaren elektrischen Gleichstrommotor oder auch von kleinen in der Drehzahl regelbaren Dampfmaschinen angetrieben wurden, tritt bei diesen großen Maschinen der e l e k t r i s c h e T e i l a n t r i e b immer mehr in den Vordergrund. Er besteht darin, daß jeder Teil oder jede Teilgruppe der Maschine, also die

Abb. 14
Hochdruck-Stoffauflauf für Langsieb-Papiermaschinen
a umlaufendes endloses Sieb *b* Brustwalze *c* Registerwalzen *d* seitliche Deckelrinnen *e* Zungen des Stoffauflaufapparates, die ein Regulieren der auflaufenden Stoffwasserschicht in der Dicke erlauben *f* Rührer im Stoffauflaufkasten *h* Druckhöhe, unter der das Stoffwasser auf die Maschine aufläuft

Abb. 15
Herausfahrbare Siebpartie einer Papiermaschine. Im Vordergrunde die herausgefahrene Siebpartie mit den Registerwalzen und der dahinterliegenden Saugerpartie. Im Hintergrunde die Trockenpartie mit dem Antrieb.

Siebpartie, die verschiedenen Pressen, sowie die verschiedenen Gruppen der Trockenzylinder durch je einen eigenen Motor angetrieben werden. Die jeweiligen zentral für alle Motoren angeordneten Regeleinrichtungen müssen gestatten, sowohl die Papiergeschwindigkeit über die ganze Maschine in den nötigen Grenzen zu ändern, als auch die Geschwindigkeit der einzelnen Gruppen untereinander in geringem Maße zu verändern, damit sich die verschiedenen Züge des Papiers ausgleichen.

Bei der Ausbildung der Trockenpartie hat man nach und nach den Einfluß von guter Belüftung durch Warmluft auf die Leistungsfähigkeit der Trockenpartie erkannt; dies gilt nicht nur für die Trockenpartien von Papiermaschinen, sondern auch für jene der Entwässerungsmaschinen für Zellstoff und Pappen. Nach verschiedenen Versuchen, Warmluft in die Trockenpartie zu leiten, steigerte sich die Erkenntnis, wie vorteilhaft das Einleiten von Warmluft unter die Maschinen wirkt, immer mehr. Ein wesentlicher Fortschritt ist auch das Grewinsche Verfahren, wobei wechselseitig zwischen die Trockenzylinder von der Seite her warme Druckluft geblasen wird zu dem Zwecke, den Schwaden, der sich zwischen die Zylinder setzt und die Trocknung stört, möglichst rasch zu entfernen. Abb. 18 und 19 zeigen diese Art der Belüftung.

Auch in der Beheizung der ganzen Trockenpartie hat man Fortschritte gemacht. Der Einbau der patentierten Lütschensiebe in die Trockenzylinder hatte den Erfolg, deren Verdampfungsleistung zu steigern, damit also auch die mögliche Papiererzeugung auf der Maschine zu heben. Zugleich kann durch diese Einrichtung der Dampfdruck im Zylinder herabgesetzt werden.

In Amerika wird die Trockenpartie heute oft in 3 oder 4 Partien unterteilt; der Dampf strömt dabei an dem der Naßpartie zugekehrten sogenannten Naßende der Trockenpartie ein und durchläuft die verschiedenen Gruppen im Sinne des Papierlaufs. Die Dampfzufuhr für die einzelnen Partien wird dabei oft selbsttätig vom Trockengehalt des auslaufenden Papieres geregelt. Diese Regelung wird dadurch eingeleitet, daß sich bei zu- oder abnehmender Feuchtigkeit des aus der Trockenpartie auslaufenden Papiers dessen Zug ändert. Dadurch wird eine fein ausgewuchtete Leitwalze verstellt, die bei zu feuchtem Papier durch ein zwischengeschaltetes Getriebe das Dampfventil mehr öffnet und umgekehrt. Für schwere Papiere, die ohne Filz gearbeitet werden und viel Trockenfläche brauchen, hat sich in Amerika, der Platzersparnis wegen, die Trockenpartie mit senkrecht übereinanderliegenden Zylindern eingeführt, die auch infolge ihres kaminartigen Aufbaues bessere Lüftungsverhältnisse ergibt (Vertikal-Trockenpartie).

Ganz neuartige und eigenartige Wege ist man in Amerika in neuester Zeit insofern gegangen, als man eine sogen. Vakuumtrockenpartie durchbildete, Abb. 20. Dabei werden die Trockenzylinder in eine gußeiserne Vakuumkammer, Abb. 21, gelegt, unter der ein Kondensator steht. Getrocknet wird bei 35 bis 40 °C. Die Trockenpartie kann dabei durch das größere Temperaturgefälle vom Dampf zum Papier naturgemäß viel kleiner

Abb. 16 und 17
Trimbeys und Tibbits Halbstoff-Misch- und Meßmaschine

ausgeführt werden. Schwierigkeiten machte lange Zeit das Ein- und Ausführen des Papierbandes in die Kammer. Diese Schwierigkeiten sind jetzt durch Wasserverschlüsse behoben. Die Kammer hat seitliche Öffnungen, damit man Ausschuß herausnehmen kann. In Amerika, wo die Vakuumtrockenpartie über die erste Versuchstufe hinaus ist, sind große Versuchsmaschinen in Betrieb gekommen. Dabei haben sich die Asten-Asbesttrockenfilze bestens bewährt.

Für die L ü f t u n g d e s P a p i e r m a s c h i n e n s a a l e s, also für die Abführung des aus der Stoffbahn heraus verdampften Wassers, gibt es Anordnungen verschiedenster Art. Ein Nachteil aller dieser Lüftanlagen

Abb. 18 und 19
Grewinsche Hochdruck-Blaseinrichtung für Trockenpartien der Papier-, Karton- und Zellulosemaschine

a Warmluftgebläse *b* Vorwärmer für die Einblaseluft *c* Hauptdruckluftleitungen längs der Maschine
d Druckluftleitungen in die Räume zwischen den einzelnen Trockenzylindern

Abb. 20
Schnitt durch eine Vakuum-Trockenpartie (schematisch)

a Vakuumkammer *b* Trockenzylinder *c* unterer Trockenfilz *d* oberer Trockenfilz *e* Einführung des Papiers von der Pressenpartie in die Kammer *f* Herausführung des Papiers aus der Kammer *g* Kondensatoranschluß

Abb. 21
Ansicht der Vakuumkammer einer Trockenpartie (in der Werkstatt).
Das Papier tritt links in die Kammer ein, rechts heraus.

war besonders der, daß die Wärme der von den Trockenpartien aufsteigenden Schwaden nicht ausgenützt wird. Der größte Teil der Verdampfungswärme des Heizdampfes der Trockenzylinder wird von diesen Schwaden mit fortgetragen. Die niedrige Temperatur der Schwaden (etwa 50° C) und die großen Luftbeimengungen waren der Hauptgrund dafür, daß diese Dämpfe bisher keine Ausnutzung erfuhren. Es wurden nun in den letzten Jahren besonders von schwedischen Ingenieuren der Papierindustrie Konstruktionen entwickelt, die sich bewährt haben; sie nützen die Schwadenwärme größtenteils aus und drücken dadurch den Gesamtwärmeverbrauch der Trockenpartieen bedeutend herab. Es wird dabei die Wärme des abziehenden Schwadens (Naßluft) in einem Wärmeaustauscher zur Erwärmung von Frischluft benützt, diese wird dann unter die Decke des Papiermaschinensaales zur Vermeidung der Tropfenbildung und unter die Trockenpartie zur Erhöhung von deren Verdampffähigkeit gedrückt. Überschüssige Warmluft kann zur Heizung andrer Räume benutzt werden. Selbstverständlich sind diese Einrichtungen auch zur Verwendung der Trockenpartien an Maschinen für Zellstoffentwässerung geeignet.

Abb. 22 zeigt das Schema einer Entlüftungsanlage nach der früheren Art, bei der die Schwaden mit Verlust ihrer Wärme durch Kamine abzogen, während Abb. 23 die gleiche Papiermaschine mit einer in die Dachkonstruktion eingebauten Schwadenausnützung darstellt.

Abb. 24
Gerät für den Wärmeaustausch zwischen Schwaden und Luft

a Naßluftventilator (saugt Naßluft [Schwaden] von der Maschine ab) *b* frische Luft von außen *c* Naßluftleitung von den Maschinen *d* Verteilleitung für die frische Luft zur Maschine *e* Frischluftventilator saugt Frischluft an *f* Wärmeaustauschapparat

Weg der Frischluft *b—f—e—d* Weg der Naßluft *c—f—a*

Kamin

Abb. 22
Ohne Ausnutzung der Schwaden, die unausgenutzt abziehen.

Abb. 23
Mit Ausnutzung der Schwaden; diese werden in dem unter dem Dach eingebauten Wärmeaustauscher zum Vorwärmen der Frischluft ausgenutzt.

Abb. 22 und 23. Papierfabrik ohne und mit Ausnutzung der Schwaden

Abb. 25
Stoffanganlage von J. M. Voith

a Stoffwasser-Zulauf *b* Stauwand *c* Sammelstelle für den Fangstoff *d* Pumpe für den Fangstoff *e* Ueberläufe für das geklärte Wasser *f* Sammelbehälter für das geklärte Wasser *g* Pumpe zur Förderung des geklärten Wassers *h* Kratzer für Fangstoff *i* Kratzerantrieb

Abb. 26. Stoffänger, Bauart O. Schmidt, Ausführung aus Eisenbeton

Abb. 24 zeigt ferner den eigentlichen Wärmeaustauscher für die Wärmeübertragung von Schwaden an Luft. Anfänglich störten die großen Abmessungen der Maschinen und Rohrleitungen, doch hat man auch hier gelernt, Baustoffe und Räume bestens auszunutzen; im übrigen können die Wärmeaustauscher auf den meist flachen Dächern der Papierfabriken aufgebaut werden. In Amerika und Schweden sind diese Anlagen mit Erfolg im Betrieb; es ist zu erwarten, daß sie sich auch in Deutschland mehr und mehr einführen, zumal in andern Industrien, wie in der Brauindustrie, der Textilindustrie und in der Brikettfabrikation die Schwaden vielfach ausgenutzt werden.

Die Rückgewinnung der in den verschiedensten Arbeitsgängen mit den Abwässern mitfortgeführten Stofffasern ist heute gut gelöst. Das sogenannte Siebwasser wird allgemein in die Rinne hinter der Maschinenbütte als Verdünnungswasser dem Büttenstoffe wieder zugesetzt. Für die übrigen Faserabwässer haben sich zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren durchgesetzt. Für große Fabriken, die nur einfarbige Papiere herstellen, ist der Stoffänger nach Abb. 25 sehr geeignet; auch der nach Abb. 26 (verschiedener Bauart) hat sich eingebürgert. Bei dem Stoffänger nach Abb. 25 setzen sich aus dem langsam ziehenden Faserwasser die Fasern auf den Grund des Behälters ab und werden von dem Kratzerwerk in eine Vertiefung geschoben, aus dem die Pumpe den Fangstoff in breiiger Masse wieder in den Kreislauf der Fabrikation bringt. Bei den Trichter-Stoffängern setzt sich der Stoff in der Trichterspitze ab, aus der er unaufhörlich, wenn möglich ohne Pumpenarbeit, durch eigenes Gefälle, wieder in den Stoffkreislauf kommt.

Was zum Schluß das Heizkraftwerk der Papierfabrik anbelangt, so liegen die Verhältnisse je nach Art des Papieres, das hergestellt wird, sehr verschieden. Der Kraftbedarf und der Heizdampfbedarf schwankt stark je nach der Papiersorte. Im allgemeinen wird in Papierfabriken, solange man nicht auf sehr hohe Kesseldrücke übergeht, nicht oft ein reiner Gegendruckbetrieb durchzuführen sein. Immerhin ist bei dem verhältnismäßig großen Dampfbedarf für Trockenzwecke, der 2 bis 3,5 kg für 1 kg Papier beträgt, ein sehr großer Teil der erforderlichen Kraft im Gegendruckbetrieb zu erzeugen. Im normalen Fall wird also für reine Papierfabriken die Anzapfturbine oder Kolbenmaschine in Frage kommen.
[B 2601]

Hauptaufgaben des deutschen Bergbaues

Das Streben der Technik nach höchster Wirtschaftlichkeit erfordert im Bergbau einerseits ein möglichst weites Herunterdrücken der Selbstkosten, anderseits eine möglichst hohe Wertsteigerung und wirtschaftlichste Ausnutzung der Mineralien im Grubenbetrieb. Der Umstand, daß Massenförderung die allgemeinen Unkosten in entscheidender Weise zu verbilligen vermag, hat sich am schärfsten bereits im deutschen Kalibergbau durchgesetzt, wo die mittlere Förderung nach Stillegung zahlreicher kleiner Gruben von 300 bis 500 t Rohsalz auf 1200 bis 2000 t täglich gestiegen ist. Im Steinkohlenbergbau müssen die Leistungen der Kokereien erheblich durch Schaffung von großen, für mehrere Gruben gemeinsamen Zentralkokereien mit neuzeitlichen Koksöfen mit kürzerer Garungszeit und größeren Durchsatzmengen vergrößert werden. Um der wirtschaftlicheren Massenförderung eine sichere Grundlage zu geben, müssen größere Grubenfelder gewählt, und die Schächte besser ausgenutzt werden als bisher[1]). Der Schachtwirkungsgrad läßt sich durch revierweises Anfahren der Leute, durch maschinelle Bedienung der Förderwagen unter und über Tage und durch Ersatz der Gestellförderung durch die Gefäßförderung erhöhen. Um den Abbau möglichst wirtschaftlich zu gestalten, sind unter etwaigem Austausch von einzelnen Feldteilen die natürlichen Grenzen von Gebirgsschollen, die Querverwerfungen als Abbaugrenzen zu wählen und, unter möglichster Schonung der Erdoberfläche durch weitgehendes Einbringen von Versatz, die Mineralien aus den Sicherheitspfeilern restlos zu erfassen.

Durch weitgehende Zusammenfassung des Abbaues in der Steinkohle mit leistungsfähigen Betriebsabteilungen von 400 bis 500 t täglicher Förderung lassen sich nicht nur die Abbau- und Förderkosten herabsetzen, sondern es wird vor allem an Streckenunterhaltungskosten gespart. Der Anfall der schwer absetzbaren Kleinkohle, ist bei möglichster Ausschaltung der Schießarbeit durch Ausnutzung des Gebirgsdruckes unter Nachhilfe von Schrämmaschinen und Abbauhämmern zu vermeiden. Mit dem Tieferwerden der Gruben, besonders im Nordosten Westfalens und in Sachsen, ist die Bekämpfung der Grubenwärme von besonderer Wichtigkeit, die durch Anwendung von Kältemantel, Streckenisolation und großen Wettermengen möglich ist. Als Grundlage für die Wärmemessung ist entgegen der jetzigen Gewohnheit der Naßwärmegrad zu nehmen, da das Wohlbefinden und die Arbeitsfähigkeit der Leute nicht nur von der Temperatur allein, sondern auch von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängen. Auf dem Gebiete der Tiefbohrtechnik und des Erdölbergbaues sind nach dem Ausfall der Pechelbronner Lagerstätten aus der deutschen Gewinnung das Aufsuchen neuer Ölvorkommen, besonders auch in tieferen Horizonten und die Aufbereitung von Ölsanden zu fördern.

Eine Werterhöhung der geförderten Mineralien ist bei der Steinkohle durch Absaugen des Staubes möglich, der die Hauptmengen der schädlichen Faserkohle und die mehr tonhaltigen Teile der Kohle enthält. Für die Brikettierung der Magerfeinkohle ist der Ersatz des teuren Steinkohlenpeches durch ein andres Bindemittel oder ein andres Brikettierverfahren zu versuchen. Hochwertige Brennstoffe sind vom Eigenverbrauch auf den Gruben ganz auszuschalten und für den Verkauf frei zu machen. Dies gilt besonders für das hochwertige Kokereigas[2]), das der Gasfernversorgung im weitesten Umfange zuzuführen ist. Die möglichst vollständige und wirtschaftliche Verwertung von Abfallbrennstoffen auf den Gruben zum Selbstverbrauch ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil auf diesen nicht verkäuflichen Erzeugnissen dieselben Kosten für Gewinnung, Förderung und Aufbereitung liegen, wie auf den gut verkäuflichen Sorten. [N 239] Pr.

[1]) „Technik und Wirtschaft" Bd. 20 (1927) S. 37.

[2]) „Glückauf" Bd. 63 (1927) S. 267.

Getriebedampfturbinen für hohe und höchste Drücke

Von Obering. H. Bauer, Zürich

Beschreibung von Getriebeturbinen - Ihre Verwendungsmöglichkeiten, insbesondere für Heiz- und Kraftbetriebe — Beschreibung der Regelvorrichtung für Entnahme- und Gegendruckbetrieb — Erläuterung einiger Hochdruckanlagen mit Getriebeturbinen

Abb. 1
Getriebeturbine von 1390 PS bei 7500 Uml./min für den Antrieb einer Kreiselpumpe von 680 Uml./min (Übersetzungsverhältnis 1 : 11) auf dem Prüfstand. Sechs solche Maschinensätze geliefert an städtische Wasserwerke in Osaka (Japan).

Kleine Betriebe mit eigenen Kraftwerken, wie z. B. Spinnereien, Webereien, Färbereien, Papierfabriken, Holzschleifereien usw. sind heute mehr als je ge-ngen, diese Anlagen möglichst wirtschaftlich zu be-ben. Dies bedingt in den meisten Fällen die Anschaf-g neuzeitlicher Dampfturbinen und Kessel. Diese Ge-nheit wird dann oft dazu benutzt, die Kessel- und binenanlage auf wesentlich höheren Betriebsdruck ustellen. Die damit verbundene, scheinbar hohe Ka-lanlage macht sich in der Regel außerordentlich rasch ahlt, da hierdurch wesentliche Kohlenersparnisse er-t werden.

Die Firma Escher Wyss & Cie. hat sich in den hkriegsjahren angelegen sein lassen, nicht nur große npfturbinen, sondern auch solche von kleinerer und lerer Leistung mit hohem Wirkungsgrad zu ent-keln. Um mit den Kosten innerhalb zulässiger Grenzen bleiben und die Verteuerung der Turbinen durch Ver-ßerung der Beaufschlagungsdurchmesser oder der enzahl zu vermeiden, wird der Wirkungsgrad durch öhung der Drehzahl der Turbine verbessert. Dies te die Firma bereits im Jahre 1918 zum Bau von npfturbinen mit Zahnrädergetriebe.

Zugleich hat die Steigerung der Drehzahl der Dampf-ine eine größere Anwendung für den Antrieb von samlaufenden Drehstrom- und Gleichstromerzeugern, npressoren, Pumpen, Ventilatoren, Fabriktransmissio- usw. erschlossen. Vorerst hat sich die Firma Escher ss & Cie. nur auf den Bau von Getriebeturbinen mit densation verlegt; diese haben sich in Europa sowie en überseeischen Ländern rasch eingebürgert.

Da namentlich kleinere und mittlere Turbinen in Be-en mit gemischtem Heiz- und Kraftbetrieb zur Auf-ung gelangen, wurden die Getriebeturbinen auch für en Gegendruck-, Entnahme- und Entnahme-Gegendruck-eb ausgestaltet. Dabei hat die Firma Escher Wyss ie. auch als erste den Bau solcher Dampfturbinen für ke bis zu 180 at und Temperaturen bis zu 450 ° auf-mmen[1]). Bei allen Dampfverhältnissen kommen als Vorteile kurzer, einfacher und kräftiger Aufbau, geringes Gewicht, kleine Fundamente, einfache Regelung, mäßige Beanspruchungen der umlaufenden Teile, große Betriebsicherheit und hohe Wirtschaftlichkeit zur Geltung.

Getriebeturbinen mit Kondensation

Diese Turbinen, Abb. 1 bis 3, werden für Leistungen bis zu 5000 kW hergestellt, bis zu 300 kW mit 9000, bis zu 1500 kW mit 7500, bis zu 3000 kW mit 6000 und über 3000 kW mit 4500 Uml./min. Während Turbinen bis zu 3000 kW für das Auswechseln älterer Turbinen oder meistens für die Aufstellung der ganzen Gruppe in Frage kommen, da Gruppen in der gleichen Preislage mit nur 3000 Uml./min im Dampfverbrauch nicht wettbewerbfähig sind, kommen Getriebeturbinen über 3000 kW mit 4500 Uml./min nur als Ersatz für ältere Turbinen mit 1500 Uml./min und weniger in Betracht.

Die Turbine ist eine mehrstufige reine Gleichdruckturbine mit möglichst kleiner Stufenzahl. Die eingehäusige Bauart wird nur bei Drücken über 50 at verlassen. Die kleine Stufenzahl ergibt kurze Bauart, kleine Lagerentfernungen und daher ruhigen Lauf der Turbine. Das Hauptaugenmerk ist auf betriebsichere Ausbildung der einzelnen Turbinenteile gelegt. Trotz der hohen Drehzahlen sind die Beanspruchungen der umlaufenden Teile mäßig und kaum höher als bei Turbinen von 3000 Uml./min, was die kleinen Laufraddurchmesser und die Abmessungen der als Körper gleicher Festigkeit entworfenen Laufräder und Laufschaufeln ermöglichen.

Die Läufer werden bei allen Getriebeturbinen mit der Welle aus einem Stück gedreht. Die Laufradschaufeln, die meist aus Nickelstahl mit 5 vH Ni hergestellt und in Sonderfällen nach einem eigenen Verfahren vernickelt werden, sind bei höheren Beanspruchungen aus dem Vollen gefräst und mit ⊥-förmigem Fuß in die Laufradkränze eingesetzt. Die Leitradschaufeln werden in der Regel in die Zwischenböden eingegossen; die Leitkanäle werden dann auf besondern Maschinen sauber nachgearbeitet, damit die Dampfreibung in den Kanälen vermindert und die bei gefrästen Kanälen mit der Zeit auftretenden Verluste durch Undichtheit vermieden werden.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 446.

Abb. 2 und 3
Zoelly-Getriebeturbine mit Leistungen bis zu 5000 kW bei 4500 Uml./min

Dank dem reinen Gleichdruckverfahren kann das Spiel zwischen festen und bewegten Schaufeln sehr reichlich bemessen werden; es beträgt durchweg in der Achsrichtung mindestens 3, radial mindestens 4 bis 5 mm. Das Turbinengehäuse, das für Drücke über 14 at stets aus Stahlguß hergestellt ist, wird mit dem Hochdrucklager unmittelbar verschraubt, liegt also nach dieser Seite frei und kann sich radial ungehindert ausdehnen. Die axiale Ausdehnung des Gehäuses wird vom Hochdrucklager aufgenommen, das in einer Gleitnut geführt ist. Sobald sich das Lager verschiebt, nimmt das eingebaute Kammlager den Turbinenläufer mit, so daß bei jedem Betriebzustand das Schaufelspiel gleich bleibt. Daher können auch Dampftemperaturen bis zu 400 ° und mehr zugelassen werden.

Die Turbine hat die bekannte von Zoelly eingeführte einfache, durch Öl gesteuerte Drosselregelung ohne verwickelte Düsenregelvorrichtungen. Regler, Ölverteilschieber und Schnellschlußvorrichtungen wirken auf das Drossel- und auf das Hauptabsperrventil. Die Ölpumpenantriebe usw. sind im Hochdrucklager eingebaut.

Für das Getriebe werden Stirnräder mit gehärt und genau geschliffenen Zahnflanken oder Pfeilräder gefrästen oder gehobelten Zähnen verwendet. Solche Rä haben nach der Erfahrung gar keine Abnutzung.

Hochdruck-Getriebeturbinen für Heiz- und Kraftbet

Die Verwendung von hochgespanntem Dampf und hohen Temperaturen hat zwar das Grundsätzliche der T binenbauart im allgemeinen nicht beeinflußt, aber doch wisse Änderungen an ihren Bauteilen bedingt. Ab zeigt eine für das Werk Simmering der Städtischen E trizitätswerke Wien gelieferte Gegendruckturbine 800 PS_e Höchstleistung bei 6000 Uml./min, 32 at Eintr druck und 400 ° Anfangstemperatur. Die Turbine t einen Stromerzeuger mit 3000 Uml./min und zeichnet durch kurzen, einfachen Aufbau aus, dabei ergibt sie nur sieben Stufen einen sehr guten Wirkungsgrad. seitlich an der Turbine angebrachte Handventil ermögl die Turbine um 25 vH zu überlasten.

Abb. 5 stellt eine Entnahme-Gegendruckturbine dar, an die Berndorfer Metallwarenfabrik A. Krupp geli wurde. Diese Turbine leistet bei 35 at Anfangsdruck 400 ° 1950 PS bei 6500/3000 Uml./min und gibt 3000 Entnahmedampf von 14 at abs für eine von früher her handene AEG-Turbine ab; der Rest der zur Erzeug der Volleistung erforderlichen Dampfmenge wird mit abs in ein Heiznetz geleitet, und für Fabrikationszw

Abb. 4
Gegendruck-Getriebeturbine von 800 PS_e bei 6000/3000 Uml./min für das Kraftwerk Simmering bei Wien

Abb. 5
Entnahme-Gegendruck-Getriebeturbine für 1950 PS b 6500/3000 Uml./min für Berndorf

Abb. 3

wendet. Die Turbine hat nur sechs Gleichdruckstufen
l ist an beiden Lagern aufgehängt. Dadurch kann sie
ı leicht nach allen Seiten hin ausdehnen.

Obgleich in bezug auf die Regelung des Entnahme- und
Gegendruckes scharfe Bedingungen gestellt wurden,
l die Regelvorrichtungen dafür außerordentlich einfach.
Entnahme- und Gegendruck werden ganz unabhängig von den Entnahmemengen gleichbleibend erhalten. Die beiden getrennten Druckregler mit Ölsteuerung, Abb. 6, sind in kleinen Kasten auf dem Turbinenrahmen eingebaut. Der Regler im dritten, kleineren Kasten wirkt nach dem gleichen Verfahren auf den Geschwindigkeitsregler der Turbine.

Entnahmedruck-Regelung: Steigt der Druck im Entnahmestutzen, so schließt die Entnahmeregelung das Drosselventil N, Abb. 6, bis der Beharrungszustand wieder hergestellt ist. Der Druck im Entnahmestutzen pflanzt sich über die Leitung 1 auf das Arca-Relais $A\,R$ fort. Dieses vermindert bei einer Dampfdrucksteigerung den Druck im Raum v_1. Der Schwebekolben a bewegt sich nach links. Der Ölabfluß durch die Düse b_1 wird stärker behindert, während das Öl durch die Düse b_2 leichter abfließen kann. Es entsteht ein Druckgefälle vom Raum y_1 nach dem Raum y_2. Die Räume y_1 und y_2 sind mit dem Ölmotor G verbunden. Das Druckgefälle sucht sich über diesen Ölmotor auszugleichen und verdreht diesen. Diese Bewegung wird über die Zahnräder H_1, H_2 und J_1 auf das Rad J_2 übertragen. Das Rad J_2 ist als Mutter ausgebildet und schraubt sich in dem angenommenen Fall auf die Spindel des Drosselventils herauf. Die Stellung des Geschwindigkeitsreglers A bleibt unverändert, somit ist Z ein Festpunkt. Durch die Aufwärtsbewegung des Rades J_2 wird der Steuerschieber B gehoben, der Drucköl über den Servomotorkolben F leitet. Sobald dieser dem Druck folgt und das Drosselventil N schließt, wird auch der Steuerschieber B durch den Reglerhebel L in seine Mittellage zurückgeführt.

Der Ölmotor G verstellt das Drosselventil N so lange, bis der Druck im Entnahmestutzen wieder normal ist. Die Stellung des Geschwindigkeitsreglers A wird nur durch die Wechselzahl des Netzstroms beeinflußt.

Gegendruck-Regelung: Steigt der Druck im Austrittstutzen, so schließt sich das Ventil R durch die Wirkung der Gegendruckregelung, bis wieder Beharrungszustand einge-

Abb. 6
Entnahme- und Gegendruckregelung einer Zoelly-Dampfturbine

A Geschwindigkeitsregler
B Steuerschieber
C Schnellschlußschieber
D Regulier-Oelpumpe
E Ueberbordventil
F Servomotorkolben
G Oelmotor
H_1 H_2 Zahnräder } zwischen
J_1 J_2 „ } G und K
K Drosselventilspindel
L Reglerhebel
M Handrad zum Verstellen der Umlaufzahl
N Drosselventil
O Absperrventil
P_1 Entnahmedruckverstellung
P_2 Gegendruckverstellung
Q Oelablauf für den Schnellschluß des Ueberströmventils
R Ueberströmventil
S Servomotor der Gegendruckregelung
T Schieber
U Elektromagnet
V Steuerschieber zum Parallelschalten
X, Y Gelenkpunkte
Z festes Gelenk
AR Arca-Regler
GDV Gegendruckventil
DW Dreiwegehahn
a Schwebekolben des Druckreglers
b_1 b_2 Düsen
c_1 c_2 Blenden
d_1 d_2 desgl.
e_1 e_2 Düsen
f Membran
g_1 g_2 Federn
h_1 h_2 Ventilplättchen
v_1 v_2 Räume vor und hinter a
y_1 y_2 Druckräume

Abb. 7
Getriebeturbine von 1520 PS_e bei 7500/3000 Uml./min mit zwei selbsttätig gesteuerten Entnahmestellen für eine Papierfabrik in Arnau (Tschechoslowakei)

treten ist. Baulich stimmt die Gegendruckregelung mit der Entnahmeregelung überein. Die Stelle des Ölmotors vertritt hier ein gewöhnlicher Servomotor S.

Druckregler: Der Druckregler besteht im wesentlichen aus dem Schwebekolben a, der den Ausfluß aus den Düsen b_1 und b_2 beherrscht. Die Stellung des Schwebekolbens wird durch die Drücke in den Räumen v_1 und v_2 bestimmt. Der Druck im Raum v_1 wird durch das Arca-Relais AR so gesteuert, daß er mit steigendem Druck im Entnahmestutzen oder Austrittstutzen abnimmt. Die Räume y_1, y_2, v_1 und v_2 werden durch eine gemeinsame Druckölleitung gespeist. In die Zuleitungen sind Blenden c_1, c_2, d_1 und d_2 eingebaut.

Das Gegendruckventil GDV hat den Zweck, den Druck im Raume v_2 gleichbleibend zu erhalten. Das Ventilplättchen h_2 wird durch die Feder g_2 und einen Hebel auf die Düse e_2 gedrückt. Das durch die Blende c_2 eintretende Öl hebt das Ventilplättchen an. Je größer der Spalt zwischen Düse und Plättchen wird, um so mehr nimmt der Druck im Raum v_2 ab. Diese Öffnungsbewegung kommt zum Stillstand, wenn der Öldruck und der Federdruck im Gleichgewicht sind.

Das Arca-Relais[2]) besteht aus den gleichen Teilen wie das Gegendruckventil. Außer der Feder g_1 wirkt aber noch eine rohrförmig gewellte Membran f auf den Hebel. Diese wird vom Druck im Entnahme- oder Austrittstutzen beeinflußt und hebt dadurch die Wirkung der Feder g_1 teilweise auf. Der gewünschte Druck kann am Handrädchen p_1 oder p_2 eingestellt werden.

Das Parallelschalten: Zum Parallelschalten dient eine Drehzahl-Verstellvorrichtung, die mit der Hand

[2]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 631.

oder elektrisch vom Schaltbrett aus betätigt werden k Damit die Entnahmeregelung nicht stört, wird sie b Parallelschalten durch den Schieber T ausgeschaltet. tels des Handrades M verschiebt man das Gelenk X Reglerhebel, wodurch die Drehzahl verändert wird. Schaltbrett aus wird durch den Elektromomagneten U Ölmotor G betätigt, der die Drehzahl der Turbine verst Der Elektromagnet U besteht aus einem oberen und ei unteren Magneten; je nachdem der obere oder untere Ma eingeschaltet ist, wird der Schieber T nach oben unten gezogen. Wird z. B. der obere Magnet eingescha so kann das Drucköl durch die Leitung 2 zum Ölmoto fließen. Die Leitung 3 ist mit dem Ablauf verbunde

In bezug auf Einfachheit in Aufbau und Regelung achtenswert ist auch eine für die Arnauer Papierfabrik lieferte Getriebeturbine mit zwei selbsttätig gesteue Entnahmestellen, Abb. 7. Die Turbine soll normal als zapf-Gegendruckturbine, ausnahmsweise aber auch Oberflächenkondensation arbeiten. Bei 50 at Überdruck 400 ° leistet die Turbine 1520 PS_e bei 7500/3000 Uml./ wobei sie gleichzeitig 4,5 t/h Zwischendampf von 9 at abgeben kann und mit 3 at abs Gegendruck arbeitet. Leistung kann aber bis auf 2900 PS_e gesteigert werden

Bei dieser Turbine mußte auch die Möglichkeit in tracht gezogen werden, zu gewissen Zeiten Dampf Abhitzekesseln über den ersten Entnahmestutzen einfüh zu können. Die Regelung der beiden Arten des Betri erfolgt verblüffend einfach und grundsätzlich genau so, bei der oben besprochenen Turbine. Die beiden Reg kasten mit den Arca-Reglern sind wieder auf dem T binenrahmen angeordnet. Aus Abb. 8 erkennt man die ringe Stufenzahl dieser reinen Gleichdruckturbine. ist in zwei Gehäuse geteilt, weil sonst trotz der klei

Abb. 8
Getriebeturbine für Arnau in der Werkstatt

Stufenzahl bei eingehäusiger Bauart der Einbau von zwei Entnahmekammern zu große Lagerentfernungen ergeben hätte. Von den Entnahmestellen ist die erste an dem Hochdruckgehäuse aus Stahlguß, die zweite in der Verbindungsleitung angeordnet.

Turbinen für 100 bis 180 at Anfangsdruck

Die Anwendung von so hohen Dampfdrücken und Temperaturen für industrielle Zwecke und die Ausnützung ihrer Versuche, hauptsächlich in Anlagen, die Dampf für Heiz- und Kochzwecke ausnutzen, machte eingehende Versuche notwendig, da noch keine Erfahrungen über das Verhalten der Baustoffe und des Dampfes bei diesen Verhältnissen vorlagen. Die Firma Escher Wyss & Cie. hat vor etwa zwei Jahren die Gelegenheit benutzt, zu dem bei den Siemens-Schuckertwerken in Berlin aufgestellten Benson-Kessel eine Höchstdruck-Versuchsturbine zu liefern. Der Benson-Kessel liefert Dampf von 225 at. Für die Erstausführung der Höchstdruckturbine wurde ein Druck von 100 at festgesetzt. Eine solche Vorschaltturbine ist vor etwa einem Jahr im Kraftwerk der Siemens-Schuckertwerke in Berlin in Betrieb gesetzt worden. Die Turbine erzeugt bei 100 at und 420 ° 1000 kW bei 10 000 Uml./min. Diese Drehzahl wird durch ein Getriebe auf 3000 Uml./min herabgesetzt. Die Turbine verarbeitet eine Dampfmenge von 10 t/h; dieser Dampf verläßt die Turbine mit 15 at Gegendruck, um in einer vorhandenen Kondensationsturbine weiter verarbeitet zu werden[3]).

Das Turbinengehäuse ist ein einteiliges Schmiedestück. Der Läufer mit geringer Stufenzahl ist ebenfalls aus einem einzigen Schmiedestück hergestellt.

Die guten Erfahrungen mit dieser Versuchsturbine führten dazu, daß man schon jetzt für industrielle Zwecke auf Höchstdrücke und sehr hohe Temperaturen übergeht. So wurde vor kurzem der Firma Escher Wyss & Cie. von den Siemens-Schuckertwerken Berlin für deren Kabelwerk in Siemensstadt eine weitere Höchstdruckturbine für 180 at und 420 ° in Auftrag gegeben.

[3]) s. a. Anm. [1]).

Abb. 9
Hochdruckturbine für 180 at, erbaut von Escher, Wyss & Cie.

Diese Turbine erhält zwei Gehäuse. Die Expansion wird bei 34 at geteilt. Die Turbine wird außerdem mit zwei Entnahmestellen für Dampf von 34 at und von 10 at ausgerüstet, während der restliche Dampf die zweite Turbine mit 6 at verläßt. Zwischen den beiden Gehäusen ist ein Überhitzer angeordnet, der den Dampf wieder auf 400 ° erwärmt. Die Turbine soll mit einer Dampfmenge von 20 t/h normal 3700 PS_e bei 6000 Uml./min leisten.

Diese Hochdruckturbine für 180 at, Abb. 9, ist bereits in den Werkstätten von Escher Wyss & Cie. zusammengebaut. Sie wird in der nächsten Zeit als die erste zur Ablieferung gelangen, die mit so hohem Druck in einer Fabrikanlage als Betriebsmaschine arbeitet. Nach den Erfahrungen an der Versuchsturbine für 100 at und andern Sonderturbinen darf man erwarten, daß auch die neue Turbine allen Anforderungen an Sicherheit, genaue Regelung und guten Wirkungsgrad entsprechen wird. [B 153]

Elektrolytische Verchromung

Über die steigende Verwendung der elektrolytischen Verchromung in den Vereinigten Staaten von Amerika berichtet Dr. W. Blum[1]). Seine recht allgemein gehaltenen Betrachtungen stützen sich in der Hauptsache auf die Erfahrungen des Bureau of Standards. Als die allerwichtigsten Eigenschaften des Chroms werden seine außerordentliche Härte, danach sein hervorragender Widerstand gegen Anlaufen und Oxydation unter mannigfaltigen Verhältnissen angesehen. Stahl als Grundmetall wird durch den Chromüberzug aber nur dann vor Anlaufen und Oxydation geschützt, falls der Chromüberzug weder Poren noch sonstige Unterbrechungen enthält. Dieser Mangel ist ihm mit Nickel und Kupfer gemeinsam. Alle drei stehen in der elektrischen Spannungsreihe unter Stahl. Daher haben Zink und Kadmium unverkennbare Vorteile.

Das elektrolytische Verchromen wird auf Bunsen zurückgeführt. (In bezug auf seine weitere Entwicklung finden nur ausländische Forscher Erwähnung, jedoch keine deutschen Namen, wie Liebreich.)

Blum beschreibt drei Arten von elektrolytischen Chromniederschlägen, die trotz allmählichen Überganges als kennzeichnend auseinanderzuhalten wären:

1. einen milchartigen Niederschlag bei Verwendung sehr niedriger Stromstärke und hoher Temperatur,
2. einen glänzenden bei Verwendung gewisser mittlerer Stromstärke und Temperatur,
3. einen matt grauen (verbrannten) Niederschlag bei hoher Stromstärke und niedriger Temperatur.

Von diesen ist der milchartige am weichsten, der glänzende am härtesten.

Gleichmäßige gute Niederschläge sollen auf Stücken mit einfachen Begrenzungflächen, wo man also an jeder Stelle der Oberfläche eine ziemlich gleichmäßige Stromstärke wirken lassen kann, verhältnismäßig leicht, an Stücken z. B. mit tiefen Einbuchtungen jedoch recht schwer hergestellt werden können. Die Niederschlagkraft des Chroms ist schlechter als die des Nickels und bedeutend schlechter als jene des Kupfers. Dies muß die Praxis dauernd berücksichtigen. So spielen die Stromkosten beim Verchromen meistens eine beachtliche Rolle in bezug auf die Wirtschaftlichkeit — im Gegensatz zu andern elektrolytischen Metallbezügen. Die Kosten des Chroms würden an sich kaum hinderlich sein können.

[1]) „The Iron Age" Bd. 118 (1926) S. 1685.

Bemerkenswert sind Angaben über Versuche mit einigen Anwendungsarten, die zum Teil im Bureau of Standards nachgeprüft, zum Teil durch dieses angeregt in den einzelnen Industrien erforscht wurden. Als besonders wertvoll soll sich der Chromüberzug bei elektrolytisch aus (Kupfer und) Nickel hergestellten Druckplatten für Papiergeld erwiesen haben, die sich hierdurch einsatzgehärteten Stahlplatten überlegen gezeigt hätten. Auch für andre ähnliche Verwendungszwecke des Druckereigewerbes wird der Chromüberzug nachhaltig empfohlen.

Versuche an Stahllehren ergaben, daß der Chromüberzug den Verschleißwiderstand bedeutend erhöht, falls keine Schleifmittel angewendet werden. Unter Einwirkung von feinem Schmirgel scheint der Chromüberzug dem gewöhnlichen Lehrenstahl auch noch überlegen zu sein. Die bisherigen Versuche ergaben noch kein endgültiges Bild.

Zu den Anwendungsgebieten des Verchromens, die zum Teil noch eingehend untersucht werden, gehören jene für verschiedene, Druck oder Verschleiß ausgesetzte Flächen, für gewisse (auch im Einsatz gehärtete) Gesenke, Prägewerkzeuge, für Formen zum Vulkanisieren von Gummi, für Glasformen und Walzen zur Herstellung von Glasplatten.

Der besondere Widerstand gegen viele Schwefelverbindungen empfiehlt seine Beachtung sowohl bei Ölbohranlagen wie bei Reflektoren von Lokomotiv-Kopflaternen und Leuchtfeuern. Ein Silberüberzug ist bei Laternen trotz anfänglich viel höherer Rückstrahlkraft nach kurzem Gebrauch infolge des Angriffes durch Schwefeldämpfe einem Chromüberzug unterlegen. Ferner werden die Schutzschichten aus Nickel-Chrom, Kupfer-Nickel-Chrom oder Nickel-Kupfer-Nickel-Chrom, die den Stahl gegen Anfressungen unter den schwersten Bedingungen widerstandfähig machen sollen, berücksichtigt. Einige Worte werden auch dem Verchromen von Metallen gewidmet. Man solle jedoch nichts Umwälzendes erwarten; das Verchromen sei kein Allgemeinmittel. Gründliche Forschung und Vorversuche werden die richtigen Anwendungsgebiete nachweisen.

Mülheim-Ruhr [N 256 a] Dr.-Ing. Franz László

Die Abteilung Wasserkraft des Deutschen Museums in München

Von Dr. Adrian, Berlin

Die Abteilung Wasserkraft zeigt im Erdgeschoß einen einfachen Überblick der verschiedenen Maschinenbauarten, im Kellergeschoß eine eingehende Darstellung der Entwicklung von Wasserkraftmaschine und Wasserkraftanlage

In der großen Halle für Kraftmaschinen des Deutschen Museums[1]) von Meisterwerken der Naturwissenschaften und Technik erblickt man über dem Eingang ein großes Wandgemälde von Fritz Gärtner, auf dem die Sonne als Urquell der Kräfte dargestellt ist. Die Vertreter der vier sinnfälligsten Kraftquellen erscheinen: das Stiergespann als Beispiel der Muskelkraft, Windmühle und Wasserrad für die Ausnutzung der treibenden Kraft bewegter Luft und fließenden Wassers und schließlich die großartige Leistung des neunzehnten Jahrhunderts, die Dampfmaschine, als Beispiel für die Wärmekraft.

Den Maschinen, die der Umwandlung dieser vier Energien dienen, ist eine große Abteilung des Museums gewidmet, naturgemäß in verschiedenem Umfang für jede Art, je nach Bedeutung und Entwicklung der betreffenden Maschine. Besonders eindrucksvoll ist die Entwicklung der Wasserkraftmaschine an Originalstücken, an Modellen, Schaulinien und Abbildungen dargestellt, vom bescheidenen alten Wasserrad bis zur größten und technisch wie wirtschaftlich vollendeten Wasserkraftanlage. Selbst dem Beschauer, der nicht technisch geschult ist, zeigt ein Rundgang durch diese Abteilung mit zwingender Deutlichkeit, wie sicher und mit welcher Großartigkeit der Mensch heute die Naturkräfte meistert.

Äußerlich ist die Gruppe Wasserkraft in zwei Abteilungen zerlegt: Das Erdgeschoß soll denen, die nur einen Überblick gewinnen wollen, dies an Hand kennzeichnender Vertreter der verschiedenen Maschinen ermöglichen. Das Kellergeschoß enthält dagegen die ganze Entwicklung der Wasserkraftmaschine bis in wesentliche Einzelheiten. Machen wir im folgenden einen kurzen Rundgang durch beide Stockwerke.

Gleich am Eingang zeigt sich im Erdgeschoß die Konstruktion eines Wasserrades aus dem Jahre 1879 im Modell. Der Schöpfer dieses Rades ist C. von Bach, der heute Achtzigjährige, bekannt auf dem Gebiete des Dampfkesselwesens, der Maschinenelemente, der Elastizität und Festigkeit usw.; jeder Maschineningenieur wird mit lebhafter Freude und Aufmerksamkeit betrachten, wie Bach vor 50 Jahren ein Wasserrad gestaltete. Anschließend an das Modell des Wasserrades sind einige Peltonräder in natürlicher Größe und ein Vorläufer der Peltonräder, eine Stawitz-Turbine, aufgestellt, die ebenfalls aus dem Jahre 1879 stammt. Diese Maschine wurde von dem deutschen Ingenieur Stawitz für die Klinkersteinfabrik in Großhesselohe erbaut.

Weiter fällt der Blick auf eine rumänische Löffelradmühle, Abb. 1[2]), die im Betriebe vorgeführt wird. Die Maschine ist Original; die vom Wasserstrahl getroffenen hölzernen Löffel drehen die senkrecht stehende Achse, an der oben der Läuferstein unmittelbar befestigt ist. Derartige Maschinen laufen heute noch in den Gebirgsländern. Aus der Mitte des vorigen Jahrunderts stammt die ebenfalls in der Urausführung vertretene Axialturbine von Henschel. Der Radkörper besteht aus Gußeisen, in das die Schaufeln aus Blech eingelegt sind. Sie sind im Laufe der Jahre sehr stark abgenutzt. Henschels Lokomotiven laufen heute in allen Teilen der Erde; man sieht, daß diese Firma vor 80 Jahren auch an der ersten Entwicklung des Wasserturbinenbaues beteiligt war. Sehr anschaulich ist die erste überhaupt gebaute Spiralturbine mit wagerechter Welle aufgestellt, eine von Voith 1886 gelieferte Maschine von 35 PS Leistung. Die Maschine ist teilweise aufgeschnitten, eingezeichnete Pfeile verdeutlichen den Lauf des Wassers und die Wirkungsweise.

Zeigt so die eine Seite der Halle kennzeichnende Vertreter der Wasserkraftmaschine, so gibt die andre Seite Aufschluß über die Entwicklung der Wasserkraftanlagen. Zunächst sehen wir die Ausnutzung eines Bachgefälles in mehreren Stufen durch Anlage von Mühlen, Sägewerken usw. Daneben wird die Aufmerksamkeit durch die Modelldarstellung der Etschwerke in Meran aus dem Jahre 1897 gefesselt. Die Werke wurden nach dem Plan Oskar von Millers von deutschen Firmen gebaut und in den ersten Jahren von Miller selbst geleitet. Nebenan zeigt ein großes Wandbild das Walchenseewerk mit dem ganzen Verlauf des alten Isarbettes und die Abzweigung des Wassers in den Walchensee mit Wasserschloß, Kraftwerk am Kochelsee und Rückführung des Wassers durch die Loisach in die Isar. In der Mitte der Erdgeschoßhalle steht die Urausführung einer Wassersäulenmaschine von Reichenbach. Sie wurde 1817 gebaut und pumpte die Sole von Berchtesgaden nach Reichenhall auf 90 m Höhe. Die Maschine wurde mit Süßwasser bei 84 m Gefälle betrieben; sie hat fast hundert Jahre hindurch ohne nennenswerte Instandsetzung ihren Dienst getan. Der damaligen Richtung im Maschinenbau entsprechend, hat man die Säule, auf der der Maschinenzylinder ruht, mit Kapitälen geschmückt. Wegen der Anfressung durch das zu fördernde Salzwasser ist die ganze Maschine aus Bronze hergestellt.

Abb. 1
Original einer Mühle mit Löffelrad, bei der das aus einer steilen Rinne fließende Wasser gegen hölzerne löffelförmige Schaufeln stößt

Im Kellergeschoß liefern zunächst zahlreiche Tafeln und Wandkarten eingehende Angaben über die verschiedenen Bauarten von Wasserkraftmaschinen. In betriebfähigem Zustande werden viele Maschinen selbst vorgeführt, besonders in wohlgelungenen Schaukastendarstellungen, jener Verbindung von körperlichem mit anschließendem Flächenbildwerk. In solcher Darstellung erblicken wir eine Knochenstampfe aus der Schweiz, eine der ältesten Wasserkraftmaschinen überhaupt. Ferner eine Gruppe von Wassersäulenmaschinen von Reichen-

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 609. [2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 610.

Abb. 2
Wandtafel mit dem größten Wasserrad der Welt, um 1865, in Lasny an der Ostküste der englischen Insel Man aufgestellt. Rechts oben zum Vergleich ein Peltonrad von gleicher Leistung und für dieselbe Gefällhöhe und Wassermenge dargestellt.

Abb. 3
Erste Turbine in Deutschland, im Jahre 1834 gebaut von dem französischen Ingenieur Fourneyron

bach, an denen er selbst Versuche ausgeführt hat. Sehr anregend ist daneben der erste Wassermotor von Schmid, Zürich, aus dem Jahre 1871. Diese Wassermotoren mit hin- und herschwingendem Zylinder benutzte man vor der Einführung der elektrischen Kraftverteilung in Städten vielfach, um an den einzelnen Verbrauchstellen die in Rohrleitungen zugeführte Energie des Druckwassers in mechanische Energie umzuformen.

Weiter finden sich hier Schaukastenbildwerke von Schiffsmühlen. Das sind Wasserräder, die von der Strömung eines Flusses getrieben werden und entweder auf einem verankerten Schiffe oder auf einem festen Bock angeordnet sind. Unterschlächtige Wasserräder werden im Gerinne, wobei das Rad ein Pochwerk treibt, und im Schaukastenbild einer alten Hammerschmiede vom Jahre 1837 gezeigt. Modelle von mittelschlächtigen und oberschlächtigen Wasserrädern, vergl. Abb. 2, schließen sich an, darunter das erste Wasserrad von Zuppinger in der Urausführung aus dem Jahre 1859. Das Rad wird im Betriebe vorgeführt; man beobachtet deutlich den seitlichen Eintritt des Wassers in die Schaufelkammern. Die andre Seite der Schaufelkammern ist bei solchen Maschinen geschlossen, wodurch für die verschiedenen Gefällhöhen nur wenige Modellgrößen erforderlich werden. Ein Peltonrad mit 65 PS Leistung wird ebenfalls im Be-

Abb. 4
Laufradmodell einer Kaplan-Turbine mit vier flügelförmigen verstellbaren Schaufeln

trieb gezeigt. Den der Gefällhöhe entsprechenden Druck des Triebwassers liefert eine Hilfsmaschine. Man beobachtet unter Glas sehr schön die Kraftregelung und die Strahlablenkung. Im Schaukasten sehen wir eine ganze Maschinenanlage mit zehn derartigen Zwillings-Freistrahlturbinen.

Die ursprüngliche Ausführung einer Kugelmühle zur Herstellung von Steinmurmeln führt uns wieder eine der am wenigsten entwickelten Maschinen vor Augen. Derartige Mühlen laufen aber noch heute, z. B. in der Gegend von Berchtesgaden. Sie werden durch ein stehendes Wasserrad mit Holzschaufeln angetrieben und arbeiten Tag und Nacht ohne Unterbrechung. Eine für ihre Zeit außerordentliche Leistung erblicken wir in einer Turbine von Fourneyron aus dem Jahre 1834, Abb. 3. Sie hat 60 PS Leistung bei 114 m Gefälle. Leit- und Laufrad bestehen aus Bronze; die Turbine kam in St. Blasien im Schwarzwald zur Aufstellung. Es schließt sich eine Schwamkrug-Turbine aus dem Jahre 1848 an und eine stehende Turbine von Nagel & Kemp aus dem Jahre 1875. Alle diese Maschinenbauarten wurden verdrängt durch die Bauart von Francis; die erste Maschine dieser Bauart mit Finkscher Regelung durch drehbare Leitschaufeln aus dem Jahre 1873 ist hier aufgestellt. Sie hat 27 PS Leistung und ist zur Darstellung der Arbeitsweise zum Teil aufgeschnitten.

Beim weiteren Rundgang studieren wir die höchst lehrreiche Entwicklung der Turbinenregler, ein Gebiet, bei dem der Ausbau der theoretischen Unterlagen und die Gestaltung der Einzelteile sehr viel Scharfsinn und Er-

Abb. 5
Schaukastendarstellung des Wasserkraftwerkes Eitting der „Mittleren Isar“

findungsgabe erforderte. Modelle neuerer Turbinenbauarten schließen sich an, so Turbinen von Bánki, Modelle von Schnelläufern mit großem Spalt und kleiner Schaufelzahl, ein aufgeschnittenes Modell eines Kaplan-Laufrades, Abb. 4, mit verstellbaren Laufradschaufeln und das Laufrad einer Flügelradturbine von Laczek aus dem Jahre 1920. Unter den weiteren Darstellungen von Wasserkraftanlagen ist besonders das Schaukastenbild des Kraftwerkes Eitting der „Mittleren Isar“ zu erwähnen, Abb. 5, aus dem die ganze von der Anlage erfaßte Stufe der Isar sehr gut zu erkennen ist.

Es ist natürlich nicht möglich, hier alles auch nur zu nennen, was die Abteilung Wasserkraft enthält; dem Fachmann bietet sie allein in den zahlreichen Wandtafeln mit statistischen Angaben über Bayerns Wasserkräfte Stoff zu tagelanger Betrachtung. Ein ständig laufendes Lichtspiel zeigt dem Besucher die Wirkungsweise der verschiedenen Maschinen, teils im Trickfilm, teils an Naturaufnahmen. [B 114]

Amerikanische Aluminium-Gußlegierungen

Auf der Herbsttagung 1926 des American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Detroit, wurde von R. S. Archer und Z. Jeffries[1]) eine Arbeit über Aluminium-Gußlegierungen vorgelegt. Sie teilen die Gußlegierungen je nach der Art der Herstellung in drei Gruppen ein, nämlich Sandguß, Schalenguß und Spritzguß. Am meisten werden in grünen Sand gegossene Gußstücke verwendet, so daß sich die Ausführungen in der Hauptsache auf die Eigenschaften dieser Legierungen beschränken.

Bei der Beurteilung der Legierungen spielen außer den mechanischen Eigenschaften, von denen besonders die Zugfestigkeit, Dehnung und Kerbzähigkeit bestimmt werden, das spezifische Gewicht und die Kosten eine Rolle. Das spezifische Gewicht der meisten gebräuchlichen Aluminium-Gußlegierungen liegt zwischen 2,65 und 2,95. Schwerere Legierungen werden heute ungern verwendet. Die Kosten werden bestimmt durch die Legierungskosten, die Schmelz- und Gießkosten, die Kosten für die Überwachung des Betriebes, Wärmebehandlung oder besondere Verfahren, wie

[1]) „Aluminum Castings of High Strength“, Am. Inst. Min. Met. Eng. Vordruck Nr. 1590 E.

Abb. 1
Einfluß von Kupfer auf die Festigkeit in Sand gegossener Aluminium-Kupfer-Legierungen

z. B. die Raffination bei den Aluminium-Siliziumlegierungen, Bearbeitung und die Möglichkeit der Wiederverwertung von Abfällen.

Sehr wichtig sind die Gießeigenschaften. Hierbei kann der Fall eintreten, daß eine Legierung, die als zylindrischer Schalenguß hohe physikalische Eigenschaften aufweist, infolge schlechter Gießeigenschaften sich als Gußstück bei der praktischen Verwendung wesentlich schlechter verhält, als aus den Zerreißproben zu erwarten war. Daher bewähren sich oft Legierungen mit schlechteren mechanischen Eigenschaften, aber besseren Gießeigenschaften im ganzen besser für praktisch gebräuchliche Gußstücke. Die Prüfung der mechanischen Eigenschaften allein bildet somit noch keinen Maßstab für die praktische Bewährung einer Legierung.

Mit zu den ältesten Gußlegierungen, die in die Praxis eingeführt wurden, gehören die Aluminium-Zink-Legierungen. Sie erreichen zwar Festigkeitswerte bis zu rd. 28 kg/mm², aber bei Zinkgehalten von 35 bis 50 vH. Bei diesen hohen Zinkgehalten ist jedoch das spezifische Gewicht schon ziemlich hoch und außerdem auch eine starke Sprödigkeit der Legierungen vorhanden. Bei diesen Legierungen trat häufig von selbst eine Zerstörung ein, namentlich wenn sie geringe Mengen von Zinn als Verunreinigung enthielten.

Durch geringe Zusätze von Kupfer konnte die Festigkeit noch weiter erhöht werden. So erreichte eine Legierung mit 3 vH Cu und 33 vH Zn eine Zugfestigkeit von 31,5 kg/mm², jedoch war die Sprödigkeit gleichfalls sehr groß und ebenso das spezifische Gewicht sehr hoch. Legierungen mit geringerem Zinkgehalt von 8 bis 15 vH und mit 2 bis 3 vH Kupfer werden noch heute in Europa in großem Umfange benutzt. Hierzu gehört auch die sogenannte deutsche Legierung mit etwa 10 vH Zn und 2 vH Cu.

In Amerika wurden mehr die Aluminium-Kupfer-Legierungen verwendet, die gewisse Vorteile gegenüber den Aluminium-Zink-Legierungen boten. Sie hatten ein geringeres spezifisches Gewicht, da der Kupferzusatz geringer sein konnte, auch konnten Abfälle leichter umgeschmolzen werden. Allerdings waren sie etwas teurer als Al-Zn-Legierungen, ein Nachteil, der teilweise ausgeglichen wurde, wenn man den Volumenpreis zugrunde legte. Al-Cu-Sandgußlegierungen erreichen eine Festigkeit von etwa 11,9 kg/mm² bei 4 vH Cu, dann steigt die Festigkeit weiter bis zu etwa 15,4 kg/mm² bei 10 vH Cu. Bei noch höheren Kupfergehalten wird die Sprödigkeit zu hoch. Die Dehnung sinkt von etwa 25 vH des Handelsaluminiums auf etwa 4 vH bei 4 vH Cu, dann langsamer auf etwa 1 vH bei 10 vH Cu. Die Legierung mit 8 vH Cu, die am meisten gebraucht wurde und noch heute sehr viel verwendet wird und die als amerikanische Legierung Nr. 12 bekannt ist, hat etwa 14 kg/mm² Festigkeit bei 1,5 vH Dehnung. Übersichtlicher

ist der Einfluß eines Kupferzusatzes auf die Festigkeitseigenschaften von Sandguß in Abb. 1 wiedergegeben.

Durch Untersuchungen, die bereits 1911 ausgeführt wurden, zeigte es sich, daß die Legierung Nr. 12 noch durch kleine Eisenzusätze verbessert werden kann, und zwar einmal hinsichtlich der Steigerung der Festigkeit, anderseits auch durch Verhinderung der Rißbildung, zu der die Zweistofflegierung zu neigen scheint. Während des Krieges wurde die Legierung noch durch einen weiteren Zusatz von Magnesium verbessert. Auf dieser Grundlage entwickelte sich die Legierung Nr. 146 der Aluminum Castings Co., die 8 vH Cu, 1,25 vH Fe und 0,25 vH Mg enthielt. Die Legierung erreichte eine Zugfestigkeit von 16,8 bis 21 kg/mm², jedoch war die Dehnung sehr gering und meist unter 1 vH, namentlich wenn die Prüfung erst einige Zeit nach dem Gießen vorgenommen wurde.

Infolge der großen Sprödigkeit, die bei der Verwendung der Legierung Nr. 146 bei den Liberty-Flugmotoren zu manchen Fehlschlägen führte, wurde der Magnesiumgehalt später wieder verlassen und eine Legierung mit 8 vH Cu und 1,25 vH Fe verwendet, die als Legierung Nr. 151 bezeichnet wurde. Diese Legierung erreichte zwar nur eine Festigkeit von 13,3 kg/mm², hatte aber eine etwas größere Dehnung, nämlich 1,5 vH, die ausreichte, um die mit der Legierung Nr. 146 erhaltenen Schwierigkeiten zu überwinden. Ein Vergleich mit der einfachen Zweistofflegierung Nr. 12 läßt allerdings keine Verbesserung der Festigkeitseigenschaften durch den Eisenzusatz erkennen.

Die damals gemachten Erfahrungen ließen jedoch den Wunsch aufkommen, Legierungen mit höherer Dehnung zu schaffen. Auf der gleichen Grundlage wurde eine weitere Abart, Nr. 112, entwickelt, die 8 vH Cu, bis zu 1,5 vH Fe und bis zu 2,5 vH Zn enthielt. Über ihre Eigenschaften ist nichts mitgeteilt.

Weitere planmäßige Forschungsarbeiten der Aluminum Castings Co. an Al-Cu-Fe-, Al-Cu-Fe-Zn- und Al-Cu-Fe-Mg-Legierungen führten schließlich zur Ausarbeitung einer Legierung[2]) mit 3 vH Cu, 1,5 vH Fe und 8 vH Zn, die im Jahre 1919 als Legierung Nr. 145 von der genannten Gesellschaft herausgebracht wurde. Die Legierung wird unter der gleichen Bezeichnung noch heute von der Aluminum Company of America, jedoch mit etwas anderer Zusammensetzung, hergestellt. Der Kupfergehalt wurde auf 2,5 vH weiter erniedrigt, dafür aber der Zinkgehalt auf 11 vH erhöht. Diese Legierung erreicht Festigkeitswerte von 17,9 bis 23,8 kg/mm² mit Dehnungen von 3 bis 6 vH. Nach dem Gießen in grünem Sand tritt beim einfachen Lagernlassen bei gewöhnlicher Temperatur eine nicht unbeträchtliche Nachhärtung ein, bei der die Zugfestigkeit etwas und die Streckgrenze im Verhältnis stärker erhöht wird. Das Zusammenrücken von Streckgrenze und Festigkeit ist mit einem Rückgang der Dehnung verbunden, die einen Monat nach dem Gießen nur noch etwa ⅔ ihres Anfangswertes aufweist. Die genannte Legierung wird von Archer und Jeffries für die zur Zeit noch beste Sandgußlegierung mit guter Festigkeit und Dehnung gehalten, die ohne Wärmebehandlung oder sonst irgendeine Behandlung auskommt.

Ein Jahr nach dieser Legierung wurde 1920 von Pacz eine Legierung auf gänzlich anderer Grundlage geschaffen, nämlich eine Aluminium-Silizium-Legierung mit etwa 13 vH Si, d. h. etwa der eutektischen Zusammensetzung. Die Legierung, die zu großer technischer Bedeutung auch außerhalb Amerikas gelangt ist, ist weiteren Kreisen in Deutschland als Silumin, im Auslande als Alpax bekannt geworden. Um aus diesen beiden Elementen, die nach den früheren Vorstellungen im legierungstechnischen Sinn als einander feindlich angesehen wurden, eine brauchbare Legierung zu erhalten, bedarf es jedoch einer besonderen Raffinationsbehandlung. Diese bestand nach dem ursprünglichen Verfahren von Pacz[3]) im Einrühren eines Alkalifluorides, wie z. B. Natriumfluorid, in die flüssige Schmelze. Später wurde das Verfahren durch das wirtschaftlichere der Verwendung von metallischem Natrium[4]) ersetzt. Die Legierung erreicht Festigkeitswerte von etwa 17 bis 22 kg/mm² mit Dehnungen von 5 bis 15 vH mit durchschnittlichen Werten von 18 bis 19 kg/mm² Festigkeit und 7 bis 8 vH Dehnung. Da die Legierung auch in wissenschaftlicher Beziehung besonders bemerkenswert ist, so ist gerade über das Silumin ein besonders umfangreiches Schrifttum vorhanden, von dem hier nur die im Jahre 1926 veröffentlichten Untersuchungen[5]) angeführt sein mögen. Es dürfte sich daher erübrigen, an dieser Stelle ausführlicher auf die Legierung einzugehen.

[2]) Am. Pat. 1 352 271 von Jeffries und Gibson.
[3]) Am. Pat. 1 387 900 von Pacz.
[4]) Am. Pat. 1 410 461 von Edwards, Frary und Churchill.
[5]) Archer und Kempf, Trans. Am. Inst. Min. Met. Eng. Bd. 73 (1926) S. 581; Petit, Rev. Mét. Bd. 23 (1926) S. 418 f; Gwyer und Phillips, Grogan, Otani, Herbstversammlung 1926 des Inst. of Metals.

In neuerer Zeit hat die Wärmebehandlung der Aluminium-Gußlegierungen wieder größere technische Bedeutung gewonnen, nachdem sie bei den walzbaren Legierungen so große Erfolge gehabt hat. Trotzdem ist sie erst verhältnismäßig spät auch auf gegossene Legierungen übertragen worden, vermutlich wegen der nur zum Teil berechtigten Vorstellung, daß die Wärmebehandlung bei gegossenen Legierungen mit grobem Kristallgefüge erfolglos sein würde.

Die ersten planmäßigen Untersuchungen auf diesem Gebiet wurden 1917 bei der Aluminum Castings Co. ausgeführt, und zwar zunächst an Legierungen mit einer dem Duralumin ähnlichen Zusammensetzung mit Kupfer und Magnesium. Wegen der von früher her bekannten günstigen Wirkung des Eisens wurde auch dieses in einigen Fällen zugegeben. Die Wärmebehandlung bestand in einem einstündigen Ausglühen bei 500 °C mit nachfolgendem Abschrecken. Nach den heutigen Vorstellungen war es klar, daß diese Behandlung nicht zum Ziele führen konnte, da der Unterschied in der Wärmebehandlung mechanisch bearbeiteter und gegossener Legierungen gerade darin besteht, daß bei gleicher Temperatur des Veredelungsglühens die Gußlegierungen eine sehr erheblich längere Glühdauer erfordern, als man dies von den walzbaren Legierungen her gewöhnt war.

Bei weiteren Untersuchungen im Bureau of Standards durch Merica und Karr[6]) wurden die Gußproben 2 h bei 500 °C geglüht und danach an der Luft abgekühlt, um das Auftreten von Rissen beim Abschrecken in Wasser zu vermeiden. Hierdurch gelang es, bei einer Legierung mit 3 vH Cu und 16 vH Zn die Zugfestigkeit von 24,6 auf 28,8 kg/mm² und die Dehnung von 2 auf 4 vH zu erhöhen. Bei einer leichteren Legierung mit 2,3 vH Cu, 1,3 vH Mg und 1,4 vH Mn wurde die Festigkeit von 17,3 auf 24,7 kg/mm², die Dehnung von 1,6 auf 2,3 vH erhöht. Diese Ergebnisse genügten jedoch noch nicht, um eine betriebsmäßige Ausnutzung darauf aufzubauen. Vor allem wurde die Dehnung als noch nicht ausreichend erachtet.

Die weiteren Überlegungen führten, im Verein mit mikroskopischen Beobachtungen, dazu, als Ursache der verhältnismäßig geringen Dehnung bei den Al-Cu-Mg-Legierungen das spröde eutektische Netzwerk anzusehen, das die einzelnen aluminiumreichen Mischkristalle voneinander trennt und das zu einem großen Teil aus der spröden Verbindung $CuAl_2$ besteht. Untersuchungen des Kleingefüges lehrten, daß dieses Netzwerk durch nur einstündiges Glühen bei 500 °C fast völlig unverändert blieb. Der Zweck des Ausglühens mußte jedoch darin erblickt werden, die Bestandteile $CuAl_2$ und Mg_2Si soweit in den Aluminiumkristallen in Lösung zu bringen, wie dem Gleichgewicht bei der Glühtemperatur entspricht, und bei einem darüber hinausgehenden Gehalt den Überschuß aus der Form des Netzwerkes in eine für die Dehnung weniger schädliche, rundliche Kristallform überzuführen.

Es gab nun zwei Wege, um dieses Ziel zu erreichen. Entweder mußte die Glühtemperatur höher getrieben oder aber die Glühdauer wesentlich verlängert werden. Die Höhe der Glühtemperatur wurde nach oben hin durch den Schmelzpunkt des Eutektikums Al-$CuAl_2$ bei 548°C begrenzt. Besser und ungefährlicher erschien der andere Weg, die Glühdauer zu verlängern. Schon die ersten Versuche, die an einer Al-Cu-Legierung mit 4 vH Cu ausgeführt wurden, hatten überraschende Ergebnisse. Die Legierung, die als Sandguß nur etwa 12 kg/mm² Festigkeit bei 4 vH Dehnung (vgl. Abb. 1) aufwies, hatte nach 24stündigem Ausglühen bei 520 °C und Abschrecken in Wasser eine Festigkeit von fast 26 kg/mm² und eine Dehnung von 12 vH. Bei Schalenguß wurde durch die gleiche Behandlung die Festigkeit von 16,8 auf 28 kg/mm², die Dehnung von 6 auf 20 vH gesteigert.

Die Erhöhung der Festigkeit durch die Glühbehandlung mußte darauf zurückgeführt werden, daß der aluminiumreiche Mischkristall mehr Kupfer aufgenommen hatte, während die Erhöhung der Dehnung durch das teilweise eintretende oder gänzliche Verschwinden des spröden Netzwerkes zu erklären war. Mikroskopische Untersuchungen an einer Sandgußlegierung mit 4 vH Cu zeigten, daß die heterogen auftretende Verbindung $CuAl_2$ nach 24- bis 48stündigem Glühen fast völlig in Lösung gegangen war.

Weitere Versuche unter Verwendung von Aluminium verschiedener Reinheit zeigten schon damals, daß ein größerer Eisengehalt bei den warmbehandelten Legierungen schädlich war, während Silizium günstig wirkte, namentlich bei verhältnismäßig hohem Eisengehalt. Nach diesen Versuchen mußte der Eisengehalt möglichst weniger als 0,25 vH betragen, andernfalls aber der Siliziumgehalt mindestens gleich oder etwas höher sein als der Eisengehalt. Diese Erscheinung beruht wahrscheinlich auf der Überführung

[6]) Bureau of Standards, Techn. Paper Nr. 139 (1919).

der Verbindung $FeAl_3$ in eine weniger schädlich wirkende Kristallart, die eine Dreistoffverbindung aus Al, Fe und Si noch unbekannter Zusammensetzung darstellt, und die gewöhnlich als Kristallart X bezeichnet wird[7]). Bemerkenswert ist jedenfalls die Feststellung, daß ein Eisengehalt nur bei den warmbehandelten Gußproben schädlich wirkt, während, wie oben erwähnt, bei den nicht behandelten Legierungen das Eisen einen günstigen Einfluß ausübt.

Es lag nun nahe, nachdem die Wärmebehandlung bei einer Legierung mit 4 vH Cu so überraschend günstig gewirkt hatte, eine weitere Verbesserung dieser Legierung durch geringe Zusätze von Magnesium zu versuchen, wodurch man wiederum auf die Zusammensetzung des Duralumins (ohne Mangan) zurückkam. Es zeigte sich, daß Magnesium die Härte, Streckgrenze und Zugfestigkeit der warmbehandelten Gußproben noch weiter erhöhte, jedoch genügte bei den gegossenen Proben ein geringerer Magnesiumgehalt von etwa 0,2 vH, während Duralumin 0,5 vH enthält. An Sandgußproben mit 4 vH Cu, 0,2 vH Mg und weniger als 0,25 vH Fe wurde eine Festigkeit von etwa 35 kg/mm² bei 8,5 vH Dehnung erhalten. Schalengußproben erreichten sogar eine Festigkeit von 37,8 kg/mm² mit 18 vH Dehnung. Dies sind die höchsten Festigkeitswerte, die bis dahin überhaupt an Aluminium-Gußlegierungen erhalten worden waren.

Besonders muß noch betont werden, daß es sich bei den bisher erwähnten Festigkeitseigenschaften der Al-Cu-Legierungen stets um einen Vergleich handelte zwischen der nur gegossenen und danach nicht weiter behandelten Probe und der Probe, die bei höherer Temperatur geglüht und abgeschreckt war. Bekanntlich lassen sich aber die bearbeiteten Al-Cu-Legierungen durch nachträgliches Anlassen bei etwas erhöhter Temperatur, die sogenannte künstliche Alterung, weiter veredeln[8]). Das gleiche Verfahren wurde auch auf die gegossenen Legierungen angewandt mit dem Erfolge, daß die Elastizitätsgrenze und Zugfestigkeit weiter erhöht wurden, während die Dehnung etwas sank, namentlich wenn die Alterung zu lange fortgesetzt wurde. Man begnügte sich daher in den meisten Fällen mit einer einstündigen Alterung bei 100 bis 150 °C.

Aus den Laboratoriumsversuchen wurden für die betriebsmäßige Herstellung im großen zwei Legierungen entwickelt: Legierung Nr. 195 mit 4 bis 5 vH Cu und Legierung Nr. 196 mit etwas mehr Kupfer und bis zu 0,2 vH Magnesium. Legierung Nr. 195 wurde sowohl in nur warmbehandelter, aber nicht künstlich gealteter Form (Grade Nr. 1) geliefert, als auch in künstlich gealterter Form, unter Anwendung verschieden hoher Alterungstemperaturen und verschieden langer Alterungszeiten, je nach dem gewünschten Zweck (Grade Nr. 2 und 3). Legierung Nr. 196 wurde warmbehandelt und gealtert. Zahlentafel 1 gibt die Festigkeitseigenschaften der beiden Legierungen wieder.

Zahlentafel 1. Sandgußproben (unbearbeitet) der Legierungen Nr. 195 und Nr. 196.

Leg.	Form der Behandlung	Zugfestigkeit kg/mm²	Zugfestigkeit Durchschnitt	Dehnung (auf rd. 50 mm) vH	Dehnung Durchschnitt	Brinellhärte	Brinellhärte Durchschnitt
195	1	19,6 bis 26,6	21,7	6 bis 12	8	50 bis 80	65
195	2	21 „ 28	23,5	3 „ 8	4,5	70 „ 100	75
195	3	25,2 „ 35	28,7	0 „ 5,5	1,5	80 „ 110	100
196		22,4 „ 33,6	28	0 „ 5	2		100

Die Streckgrenze wurde bei der Legierung 195 auch beim Altern bei gewöhnlicher Temperatur verhältnismäßig stark beeinflußt, denn Form 1 zeigte unmittelbar nach dem Abschrecken eine Streckgrenze von 9,8 bis 12,6 kg/mm², nach mehrtägiger Alterung bei Zimmertemperatur dagegen 14 bis 17,5 kg/mm². Da die Zugfestigkeit beim Altern bei gewöhnlicher Temperatur nur verhältnismäßig wenig steigt, war mit dem Ansteigen der Streckgrenze auch ein Sinken der Dehnung verbunden. Dieses Verhalten der gegossenen Legierung wiederholt sich, soweit mir bekannt ist, bei den bearbeiteten Legierungen nicht. Durch die künstliche Alterung ließ sich naturgemäß die Streckgrenze noch weiter erhöhen.

Auch die Beständigkeit gegen Anfressung der erwähnten Legierungen wurde durch die Wärmebehandlung günstig beeinflußt, was durch die Verringerung der Menge der heterogenen Bestandteile infolge des Ausglühens leicht zu erklären ist.

[7]) Meißner, „The Microstructure of Aluminum", Trans. Am. Inst. Min. Met. Eng. Februar 1926 Nr. 1509 E.
[8]) Meißner, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 77.

Weiterhin erwähnen Archer und Jeffries eingehend die im englischen National Physical Laboratory ausgearbeitete Legierung Y mit 4 vH Cu, 1,5 vH Mg und 2 vH Ni, die als Schalenguß im warmbehandelten Zustand eine Festigkeit von etwa 31 bis 32 kg/mm² bei 5 bis 6 vH Dehnung ergibt. Als Bestwerte wurden eine Streckgrenze von 26,7 kg/mm², eine Zugfestigkeit von 36,7 kg/mm² und eine Dehnung von 14 vH erreicht. Archer und Jeffries erhielten an unbehandelten Sandgußproben Festigkeitswerte von 15,9 bis 19 kg/mm² bei weniger als 1 vH Dehnung. Nach 20stündigem Ausglühen bei 530 °C, Abschrecken in Wasser und 14tägigem Altern bei Zimmertemperatur stieg die Festigkeit auf 26,1 kg/mm², die Dehnung auf 1,5 vH. An Schalengußproben erhielten sie nach 5½stündigem Glühen bei 530 °C, Abschrecken in kochendem Wasser und 46tägigem Altern bei Zimmertemperatur eine Festigkeit von 32,1 kg/mm² bei 2 vH Dehnung und eine Brinellhärte von 123.

Am Schlusse ihrer Arbeit teilen Archer und Jeffries einige Ergebnisse von neueren Untersuchungen der Aluminum Company of America mit, die an einer Sandgußlegierung mit 4,5 vH Cu unter Verwendung von Aluminium höchster Reinheit (mit 99,93 vH Al) ausgeführt wurden. Der Leitgedanke war dabei der, daß vielleicht die gänzliche Ausschaltung von Eisen als Verunreinigung günstig auf die Eigenschaften der Legierung im warmbehandelten Zustande wirken könnte. Die Festigkeitseigenschaften der Legierung in verschiedenen Behandlungsformen gehen aus Zahlentafel 2 hervor.

Zahlentafel 2. Sandgußproben einer Al-Cu-Legierung mit 4,5 vH Cu aus Aluminium höchster Reinheit

Zustand der Probe: Wärmebehandlung	Zustand der Probe: Alterungsbehandlung*)	Streckgrenze kg/mm²	Zugfestigkeit kg/mm²	Dehnung auf 50 mm vH	Brinellhärte
unbehandelt	2 Tage	6,2	14,1	7,5	45,6
1 h bei 540° C	„	15,8	22,5	5,5	76
8 h „ „	„	15,7	28,1	14,6	74,4
40 h „ „	unmittelbar nach dem Abschrecken	12,2	25,1	20,7	62,4
40 h „ „	2 Tage	16,8	29,6	19,0	82,6

*) Bei Zimmertemperatur.

Ein Vergleich mit Zahlentafel 1 ergibt, daß die aus Aluminium höchster Reinheit hergestellte Legierung im nur warmbehandelten Zustand ohne künstliche Alterung höhere Festigkeitswerte erreicht als die entsprechende Legierung 195 Form 1. Außerdem scheint auch die Alterung bei Zimmertemperatur ausgesprochener zu sein als bei einer Legierung, die aus weniger reinem Aluminium hergestellt ist. Auf diesen Punkt weisen auch Archer und Jeffries hin, und in der Tat ist die Veredelung bei Zimmertemperatur, die aus den beiden letzten Proben der Zahlentafel 2 zu ersehen ist, bemerkenswert hoch. Die Zugfestigkeit steigt nach zweitägigem Altern bei Zimmertemperatur um 17,9 vH, die Brinellhärte sogar um 32,4 vH.

Naturgemäß lassen sich auch diese Legierungen durch Anwendung der künstlichen Alterung weiter veredeln, wobei Festigkeitswerte von über 35 kg/mm² bei Dehnungen von über 10 vH erhalten wurden. Die beste Sandgußprobe hatte eine Zugfestigkeit von 37,8 kg/mm² bei einer Dehnung von 15 vH, d. h. die höchsten Festigkeitswerte, die bisher an Aluminium-Sandgußlegierungen erreicht worden sind.

Archer und Jeffries geben zwar selbst zu, daß die Verwendung eines so reinen und auch verhältnismäßig teuren Ausgangsstoffes, wie ihn das elektrolytisch gereinigte Aluminium zur Zeit noch darstellt, dem Laboratorium zunächst noch vorbehalten bleiben muß, in dem sich auch nur so hohe Werte erreichen lassen, da hier die Vorbedingungen besser eingehalten werden können als im praktischen Betrieb. Es hat sich aber hier zum ersten Male deutlich gezeigt, daß die Reinigung des Aluminiums von großer technischer Bedeutung werden dürfte, namentlich wenn es gelingen sollte, den Preis des nach diesem Verfahren gewonnenen Aluminiums zu senken und den vorläufig noch recht hohen Preisunterschied zwischen gewöhnlichem Aluminium und Aluminium höchster Reinheit etwas auszugleichen. Jedenfalls gebührt Archer und Jeffries das Verdienst, auf dem Gebiete der Aluminium-Gußlegierungen neue Möglichkeiten der Entwicklung erschlossen zu haben, die in ihrem Ausmaße noch nicht abzusehen sind.

Charlottenburg [M 13] Dr.-Ing. K. L. Meißner

Messung mechanischer Schwingungen

Von Dr.-Ing. H. Steuding, Breslau

Um eine kritische Bearbeitung der Literatur über Messung mechanischer Schwingungen anzuregen, hatte der Wissenschaftliche Beirat des Vereines deutscher Ingenieure im Jahre 1925 ein Preisausschreiben erlassen[1]). Der folgende Bericht ist ein Auszug aus der mit dem ersten Preis ausgezeichneten Arbeit.

Die Verfahren und Geräte zur Messung mechanischer Schwingungen können nach zwei verschiedenen Gesichtspunkten geordnet werden: nach dem Anwendungsgebiet oder nach dem ihrem Aufbau zugrunde gelegten physikalischen Gesetz oder Grundsatz. Im ersten Falle kann man folgende größeren Gebiete unterscheiden:

1. das Gebiet der allgemeinen Erschütterungen oder der Seismometrie; das sind Erdbeben, örtliche Bodenerschütterungen, Schwingungen von Gründungen, Brücken und Bauwerken, Schiffsschwingungen, Schwingungen von Fahrzeugen und Maschinen aller Art;
2. das besonders ausgedehnte Gebiet der physikalischen, technischen und physiologischen Akustik;
3. das Gebiet der Physiologie und Biologie, durch sehr empfindliche Geräte ausgezeichnet;
4. das Gebiet der wechselnden Beanspruchungen oder kurz Spannungsschwingungen an Bauwerken und Maschinen, insbesondere Wellen;
5. das Gebiet des allgemeinen Maschinenbaues, Ungleichförmigkeitsmessungen, Schwingungen an Riemen und Zahntrieben usw.;
6. das Gebiet der Indikatorentechnik, die sich ganz allgemein mit dem Indizieren von Kraft- und Arbeitsmaschinen, Explosionsvorgängen in der Munitionstechnik und anderem mehr beschäftigt.

Im zweiten Falle können alle Apparate einheitlich nach den folgenden, ihrem Aufbau zugrunde gelegten physikalischen Gesetzen oder Grundsätzen geordnet werden:

1. unmittelbare Verfahren zur Messung der Bewegungsvorgänge;
2. Verfahren, die auf dem Gesetz der trägen Masse aufgebaut sind;
3. solche, die auf der Statik beruhen, d. h. starre Hebel, Fäden und andere einfache Maschinen benutzen;
4. solche, die die Elastizität fester Körper ausnutzen;
5. solche, die die Elastizität flüssiger und gasförmiger Körper benutzen;
6. solche, die auf der Optik aufgebaut sind;
7. solche, denen elektromagnetische Gesetze zugrunde liegen;
8. solche, die noch andere physikalische und chemische Eigenschaften verwerten.

Weiter sind diese in bewegungs- und kraftmessende, außerdem noch in subjektive und objektive und noch nach der Art der Aufzeichnung, ob sie mechanisch, optisch oder elektrisch erfolgt, unterteilt worden. Praktisch unterscheidet man noch zwischen physikalischen und technischen Apparaten.

Für wissenschaftliche Zwecke ist die zweite Einteilung vorzuziehen. Jedoch müßten dann gleichzeitig Meßgeräte für die verschiedensten Zwecke aus den verschiedensten sich kaum berührenden Gebieten mit weit auseinanderfallenden Meßbereichen behandelt werden. Mit Rücksicht auf den einzelnen Fachmann ist deshalb in der Preisarbeit die erste Einteilung nach Gebieten gewählt worden, wobei jedoch die Verfahren und Meßgeräte jedes Gebietes für sich nochmals nach der zweiten Art gesondert worden sind, woraus sich dann die einzelnen Verzweigungen und der stetige Übergang von den physikalischen zu den technischen Meßgeräten von selbst ergaben, so daß sämtliche Verfahren in ein Schema zusammengefaßt werden konnten.

Nach dieser kurzen Einleitung nebst einem Hinweis auf die theoretische Behandlung der Schwingungsvorgänge sind im zweiten Abschnitt der Preisarbeit die Verfahren und Geräte, die auf der Eigenschaft der trägen Masse beruhen, zu denen die sämtlichen seismometrischen und die allgemeinen technischen Erschütterungsmesser gehören, zusammengefaßt. Sie bilden eine Gruppe für sich, die von allen übrigen Schwingungsmessern scharf zu trennen ist, da ihre Wirkungsweise die umgekehrte ist wie bei den übrigen Meßgeräten. Sie werden überall dort angewendet, wo kein festes Bezugsystem vorhanden ist und man deshalb gezwungen wird, ein solches durch Verwendung einer möglichst großen trägen Masse zu schaffen, die die zu messende Bewegung möglichst gar nicht oder nur in einem bestimmten Verhältnis mitmacht. Deshalb sind dies in der Seismik auch die einzig möglichen Meßgeräte. Sie lassen sich alle auf ein mathematisches Pendel zurückführen, und man unterscheidet dann bei jedem Meßgerät die folgenden drei Festwerte: 1. die Pendellänge L oder die Eigenschwingungsdauer T des ungedämpften Apparates; 2. die Empfindlichkeit E, die durch die Indikatorlänge J gegeben wird, oder die Indikatorvergrößerung V mit der Beziehung

$$V = \frac{J}{L};$$

3. den Dämpfungsfaktor b, der sich aus dem logarithmischen Dekrement bestimmen läßt.

Diese drei Festwerte kennzeichnen jedes Meßgerät vollkommen und können rechnerisch und durch Versuche an jedem Meßgerät ermittelt werden. Das Verhalten des Meßgerätes ist dann durch die Formel für die Vergrößerung

$$\mathfrak{B} = V \frac{T_0^2}{\sqrt{\left(T^2 - T_0^2\right)^2 + \frac{b^2\, T_0^4\, T^2}{\pi^2}}}$$

vollständig gegeben. Trägt man die Vergrößerung $\mathfrak{B}$ in Abhängigkeit der zu messenden Schwingungsdauer T bei verschiedenen Dämpfungsgraden auf, so erhält man Kurven, die alle mit dem Werte der Indikatorvergrößerung V für $T = 0$ beginnen und eine gemeinsame wagerechte Tangente haben. Bei schwacher Dämpfung steigen sie bis zu einem Höchstwert vor der Resonanzlage an und fallen dann auf null ab. Man findet dann leicht, daß es unzweckmäßig ist, die Dämpfung bis zur Aperiodizität zu steigern, und daß die günstigste und praktisch benutzte Dämpfung immer so gewählt wird, daß $b^2 < \frac{g}{2\,L}$ bleibt. Man erhält dann eine ziemlich gleichbleibende Vergrößerung, wobei die Schwingungsdauer des Gerätes möglichst ein Vielfaches der zu messenden Schwingungsdauer sein muß, so daß man möglichst auf dem linken nahezu wagerechten Ast der Kurve bleibt.

In Deutschland haben insbesondere die klassischen Arbeiten von Wiechert zur Entwicklung und Vervollkommnung der Seismometrie beigetragen. Am unangenehmsten ist der störende Einfluß der Reibung, die infolge der großen Empfindlichkeit der Seismometer hier eine ganz besondere Rolle spielt. Nach Galitzin muß ein guter Apparat noch $^1/_{10000}$ mm Schwingungsamplitude leicht aufzeichnen können. Die Schwingungsdauer der Erdbeben beträgt zwei und mehr Sekunden. Bei einfachen Pendeln würden Pendel- und Indikatorlängen von 200 m und darüber erforderlich sein. Man ist deshalb zu den sogenannten astatischen Pendeln übergegangen. Im allgemeinen liegt das Problem der Seismometrie nicht so einfach, da sechs Bewegungskomponenten unter Berücksichtigung der Veränderung der Schwerkraft selbst gemessen werden müssen. Man begnügt sich jedoch mit der Messung jeder Komponente einzeln mittels der Wagerecht- und der Senkrechtpendel sowie der Neigungsmesser. Nach Mainka sind die folgenden wichtigsten Bauarten vorhanden:

I. Wagerechtpendel: a) Wagerechte Drehachse, Schwingungsmittelpunkt unterhalb der Drehachse (gewöhnliches Pendel von Cancani, Vicentini), b) wagerechte Drehachse, Schwingungsmittelpunkt oberhalb der Drehachse (astatisches Pendel von Wiechert in Göttingen

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 432 u. 455

und Ewing in Japan), c) senkrechte schwachgeneigte Drehachse mit dem Schwingungsmittelpunkt seitlich von der Achse, und zwar in der Höhe des unteren Achsenstützpunktes nach Omori, Agamemnone, Mainka oder des oberen Stützpunktes nach Marvin und in halber Höhe nach Hengler, Zoellner, Rebeur-Paschwitz.

II. Senkrechtpendel.

III. Klinographen.

Von diesen einzelnen Bauarten, die von Spindler & Hoyer, Göttingen, und früher von Bosch & Bosch, Straßburg, gebaut wurden, sei noch bemerkt, daß z. B. der Wiechertsche Seismograph in Göttingen ein Pendelgewicht von 17 t und eine 2200fache Vergrößerung hat und somit gleichzeitig ein Eisenbauwerk und ein Feinmeßgerät darstellt.

Für den technischen Gebrauch waren diese physikalischen Erschütterungsmesser umzubauen, wozu gleichzeitig die theoretische Behandlung den neuen Forderungen anzupassen war. Die dort zulässigen vereinfachenden Annahmen der Starrheit und Massenlosigkeit der Übersetzungsglieder mußten fallen gelassen werden. Wegen der zu messenden höheren Frequenzen und kleineren Schwungmassen der Apparate wurde die Elastizität und Masse der Übersetzungsglieder von Bedeutung. Die Eigenschwingungszahlen sowohl der einzelnen Glieder als des ganzen Apparates mußten genau festgestellt werden können, wobei für die Hebel die Forderung nach möglichst hohen Eigenfrequenzen zu recht leichten und starren Bauarten führte (Gitterhebel nach Geiger).

Bewährt haben sich Kreuzfedergelenke und bei großen Übersetzungen unterteilte Hebelsysteme, die gegenüber den einfachen Hebeln höhere Eigenschwingungszahlen haben. Die Kreuzfedergelenke haben den großen Vorteil, daß die Störungen infolge Reibung und Spieles wegfallen und die Herstellung sehr vereinfacht wird, ohne daß die Genauigkeit der Meßgeräte leidet. Außerdem gleichen die Federgelenke durch ihre Elastizität die schädliche Wirkung der Hebelmasse aus.

In konstruktiver Hinsicht mußten die Meßgeräte für die Technik handlicher und insbesondere tragbar gemacht werden. Die ersten tragbaren Meßgeräte stammen deshalb von den Forschern der Seismik. In Japan war es Omori, in Deutschland Wiechert. Insbesondere sei auf das Meßgerät von Mintrop zur Messung von örtlichen Bodenerschütterungen im Bereiche zwischen 4000 $\mu\mu$ und 30 $\mu\mu$ ($\mu = 1 \cdot 10^{-3}$ mm) verwiesen. Mit einem ähnlichen Gerät maß Grumnach Erschütterungen infolge des Wassersturzes an unter Wasser befindlichen Stellen der Queistalsperre bei Marklissa, bei denen die Amplituden unter 1,5 μ lagen und die Schwingungsdauer 0,03 bis 0,0025 betrug.

Durch Hans Sauer wurden diese Apparate noch weiter vereinfacht, indem die optische und elektromagnetische Aufzeichnung durch eine mechanische ersetzt wurde, was infolge der größeren zu messenden Amplituden von Gründungsschwingungen zulässig war. Unabhängig von diesen Versuchen und viel früher baute Schlick seinen berühmten Pallographen zur Messung von Schiffsschwingungen, der von der Firma Maihak hergestellt wird. Ein ihm ähnlicher Apparat ist auch der spätere Sperry-Pallograph der Sperry Gyroskope Company in New York.

Die Firma Carl Schenck, Darmstadt, bringt neuerdings ein noch handlicheres Meßgerät mit durchscheinender Skala, also ohne Aufzeichnung, auf den Markt, das auch mit Kreuzfedergelenken und Dämpfung versehen ist. Weiter sind zu nennen das Gerät von Jahnke und Keinath (Siemens & Halske, Berlin) zur Messung der Förderseilschwingungen, der Accelerometer von Collins und der Vibrograph der Cambridge Instrument Co., London, und schließlich der Vibrograph von Geiger der Firma Lehmann & Michels, Hamburg. Die vielseitige Verwendbarkeit und große Handlichkeit des Geigerschen Meßgerätes und seine für die Technik genügende Genauigkeit lassen es besonders brauchbar erscheinen. Dieser Erfolg ist nur dem Ausbau der allgemeinen Theorie der Wirkungsweise und des Baues der Meßgeräte zuzuschreiben.

Von den ausländischen Geräten seien noch erwähnt: das Vibrometer von Fullarton, der Schwingungsmesser von Bourlet und Sabouret, bei dem die aus der Physiologie entnommene Mareysche Kapsel verwendet wurde, sowie die Pendelapparate von Hall, Mallock, Libowitz, Hechler, Stevens und Jones.

Auch die Beschleunigungsmesser, als deren Vorläufer die älteren Seismoskope zu betrachten sind, gehören zu derselben Gruppe. Von diesen seien z. B. die Apparate von Galitzin, Grumnach, Everet, Edgecumbe, Digby, Kijstra, Prache, Zahm, Norton-Wraner genannt.

Ehe auf die weiteren Meßgeräte eingegangen wird, ist es erforderlich, die allgemeine elementare Theorie der Meßgeräte und Verfahren zu behandeln, damit Wiederholungen bei den einzelnen Bauarten vermieden werden. Bei der Durcharbeitung des Schrifttums zeigte es sich, daß eine theoretisch-kritische Behandlung der Geräte zur Messung mechanischer Schwingungen in der Maschinentechnik fast gänzlich fehlte, abgesehen von der Dissertation von Wilke über Indikatoren und einer ausgezeichneten Arbeit von Zöllich, die sich jedoch nur auf elektrische Meßgeräte bezieht. Dagegen sind von dem Physiologen Frank umfangreiche Arbeiten über physiologische Meßgeräte veröffentlicht, die sich ganz allgemein übertragen lassen und nicht nur für den Techniker, sondern auch für den Physiker von Bedeutung sind.

An die Meßverfahren müssen folgende drei Forderungen gestellt werden:

1. das Meßverfahren soll nach Möglichkeit den zu messenden Vorgang nicht beeinflussen,
2. der zu messende Vorgang soll durch das Meßverfahren möglichst treu wiedergegeben werden,
3. das Meßverfahren soll auf möglichst einfachen physikalischen Gesetzen aufgebaut und vor allen Dingen leicht rechnerisch verfolgt werden können.

Die letzte Forderung der rechnerischen Zugänglichkeit ist wegen Abschätzung der Fehler und Klärung des wahren Vorganges aus den fehlerhaften Aufzeichnungen bei nicht strenger Erfüllung der ersten beiden Forderungen von besonderer Bedeutung. Wird die letzte Forderung nicht erfüllt, so sinkt ein quantitatives Verfahren auf ein nur qualitatives herab oder wird ganz unbrauchbar.

Zu diesen theoretischen Forderungen treten noch praktische hinzu, so daß öfters ein Ausgleich zwischen diesen getroffen werden muß.

Dieselben Forderungen sind auch an die Meßgeräte selbst zu stellen:

1. das Meßgerät soll möglichst kleine Rückwirkungen hervorrufen,
2. es soll den Vorgang möglichst genau wiedergeben,
3. der Aufbau des Gerätes soll möglichst einfach und seine Festwerte sollen rechnerisch bestimmbar sein.

Bei Forderung 1 sind die bewegungsaufzeichnenden von den kraftaufzeichnenden Geräten zu unterscheiden. Die Rückwirkung eines kraftaufzeichnenden Systems ergibt sich aus der Bewegungsänderung, die es verursacht, diejenige eines bewegungsaufzeichnenden aus der erzeugten Kraftänderung.

Bei Forderung 2 sind die vorher besprochenen, auf dem Trägheitsgesetz aufgebauten Geräte von allen übrigen scharf zu trennen. Die ersten müssen eine möglichst lange Schwingungsdauer gegenüber der zu messenden, alle andern eine möglichst kurze Schwingungsdauer haben. Bei jenen muß also nach einer recht großen Schwungmasse gestrebt werden, bei den übrigen sollen dagegen alle Glieder möglichst massenlos sein. Denn die Massen müssen bei allen selbstschreibenden Meßgeräten als schädlich angesehen werden. Auch für die Seismographen gilt diese Forderung, wenn man sie sinngemäß nur auf die Massen des Übersetzungsgestänges anwendet. Nur die reine Pendelmasse selbst muß groß sein, um eben die schädliche Wirkung der übrigen Massen des Übersetzungs- und Schreibzeuges zu verringern.

Deshalb müssen für eine getreue Wiedergabe (Forderung 2) die Eigenschwingungszahlen der Meßgeräte möglichst hoch sein, wodurch ihre sogenannte Auflösungsfähigkeit erhöht wird. Auch beim Seismographen müssen die Hebel des Übersetzungsgestänges hohe Eigenschwingungszahlen haben, damit die Bewegung der Schwungmasse nicht bei der Übertragung verfälscht wird. Die

Forderung nach einer langen Schwingungsdauer bezieht sich also nur auf solche Anordnungen, die die Eigenschaft der trägen Masse ausnutzen, und zwar nur auf die Pendelmasse selbst. Wegen dieser Sonderstellung ist ihre Besprechung der allgemeinen Theorie der Apparate vorweggenommen worden, so daß sie im folgenden bei allen allgemeinen Sätzen oder Behauptungen als ausgeschaltet zu betrachten sind. Erst unter diesem Vorbehalt konnte die Forderung nach möglichst hohen Eigenfrequenzen ganz allgemein ausgesprochen werden.

Bezüglich der Dämpfung muß jedoch bemerkt werden, daß diese zwecks getreuer Wiedergabe (Forderung 2) bei sämtlichen Meßgeräten ohne Ausnahme nicht größer als unbedingt notwendig zu wählen ist, um die Eigenschwingungen schnell abklingen zu lassen; denn mit zunehmender Dämpfung nimmt die Empfindlichkeit ab. Die Instrumente mit relativ zu der zu messenden sehr hoher Frequenz brauchen meist überhaupt keine Dämpfung. Bei denen mit niedrigerer Frequenz muß die Dämpfung entsprechend gesteigert werden, jedoch nicht über einen bestimmten Wert hinaus, der durch die Beziehung $b^2 = \frac{n_0^2}{2}$ gegeben ist; denn bei einer weiteren Steigerung, etwa bis zur Aperiodizität wird kein viel schnelleres Abklingen der Eigenschwingungen erzielt, die Empfindlichkeit dagegen nimmt stark ab.

Die statische und dynamische Theorie für Systeme von einem Freiheitsgrad und die Theorie der Berichtigung von aufgenommenen Kurven zeigt, daß jeder Apparat durch drei Festwerte vollständig gegeben wird. Dies sind: 1. die Empfindlichkeit oder die Indikator- oder statische Vergrößerung V, 2. die Eigenfrequenz n_0 oder die Schwingungsdauer T des ungedämpften Gerätes mit der Beziehung

$$T = \frac{2\pi}{n_0},$$

3. das logarithmische Dekrement $\Delta = \ln \frac{x_n}{x_{n+1}}$, so daß die Wirkungsweise des Gerätes durch die Gleichung für die Vergrößerung

$$\mathfrak{V} = \frac{V}{\sqrt{\left(1-\left(\frac{\omega}{n_0}\right)^2\right)^2 + 4\left(\frac{b}{n_0}\right)^2\left(\frac{\omega}{n_0}\right)^2}}$$

gegeben ist, d. h. durch dieselbe Formel wie bei den Seismographen, nur ist die Schwingungsdauer durch die Frequenz ersetzt, wodurch das umgekehrte Verhalten dieser beiden Gerätegruppen gekennzeichnet wird. Um die Leistung eines Meßgerätes, die durch die obigen Werte bestimmt wird, bequem angeben zu können, führt Frank den Begriff der Güte G eines Meßgerätes ein.

Für ein kraftaufschreibendes Gerät ist der Begriff der Güte als das Produkt aus Empfindlichkeit und dem Quadrat der Eigenfrequenz erklärt:

$$G = V n_0^2 .$$

Für ein die Bewegung aufzeichnendes Meßgerät wird die Güte verhältnisgleich der Empfindlichkeit und umgekehrt verhältnisgleich der Masse gesetzt: $G = \frac{V}{m}$.

Die Überlegungen hierfür sind, daß bei einem kraftaufschreibenden System nicht gleichzeitig die Empfindlichkeit und die Frequenz vergrößert werden können. Bei einem die Bewegung aufzeichnenden System wird dagegen die Rückwirkung in den Vordergrund gestellt. Erst mit Hilfe des Gütebegriffes lassen sich alle Apparate einwandfrei miteinander vergleichen.

Auch für Systeme mit zwei Bewegungsfreiheiten sind die Theorie und geschlossene Formeln angegeben worden. Den Maschinenelementen entsprechend sind dann die Saite, der Stab, die flüssige und feste Membran, die Platte, die Flüssigkeits- und Luftübertragung als Elemente der Meßtechnik mit Angabe der kennzeichnenden Festwerte behandelt worden.

Bei einem jeden Meßgerät sind drei voneinander vollkommen unabhängige Teile zu unterscheiden: 1. die eigentliche Meßvorrichtung, die nach Frank von der Koppelstelle bis zur Schreibspitze reicht oder nach Geiger aus dem Geber und Übermittler besteht; 2. die Schreibfläche oder das Kymographion; 3. der Zeitschreiber oder Chronograph.

Der Vollständigkeit halber und ihrer praktischen Bedeutung wegen sind im vierten Abschnitt der Preisarbeit zunächst die allen Geräten gemeinsamen Schreibflächen und Zeitschreiber und die Gesichtspunkte für ihren Bau kurz besprochen worden.

Der fünfte Abschnitt behandelt Verfahren und Apparate aus der Physiologie und Biologie.

Im sechsten Abschnitt werden die akustischen Verfahren erläutert, und zwar die physikalischen und technischen gesondert. Die Messungen erstrecken sich hier auf die Ermittlung der Frequenz oder Tonhöhe, der Intensität oder Lautstärke und schließlich der Schallgeschwindigkeit.

Bei der Messung der Frequenz sind die folgenden physikalischen Verfahren besprochen worden: 1. die zeichnerischen, 2. die optischen und photographischen, 3. die Flammenverfahren, 4. die stroboskopischen und phonoskopischen, 5. die Vergleichs- und Differenztonverfahren, 6. die Resonanzverfahren, 7. die Staubfigurenverfahren und ihre Vereinigung mit anderen Verfahren, 8. die elektrischen Verfahren.

Bei der Messung der Intensität: 1. das optische Interferenzverfahren, 2. die Schlierenverfahren, 3. die pondermotorischen Verfahren (die Rayleighsche Scheibe, das Druckverfahren, das Verfahren der mitschwingenden Teilchen), 4. die Druckmeßverfahren, 5. die elektrischen Verfahren (Mikrophon-, Telephon-, Widerstands-, Thermomikrophon-, Röhrenkreisverfahren), 6. die subjektiven und 7. andere Verfahren.

Zur Messung der Schallgeschwindigkeit: 1. die unmittelbaren Verfahren, 2. die mittelbaren durch Messung der Wellenlänge, 3. das Verfahren der Schallortbestimmung.

Die technischen Verfahren, die sich im wesentlichen mit den physikalischen decken, sind nach den einzelnen Anwendungsgebieten der Raum- und Bauakustik, der Maschinengeräusche und insbesondere der Schallübermittlungstechnik getrennt untersucht worden. Bei der Schallübermittlungstechnik sind die folgenden Meßgeräte zu Meßzwecken besprochen worden: 1. das Mikrophon, 2. das elektromagnetische Telephon, 3. das Kondensator-Telephon, 4. das elektrodynamische Telephon, 5. das Kathodophon, 6. das Thermophon, 7. das Kapillarelektrometer als Mikrophon und Telephon, 8. der piezoelektrische Kristall als Mikrophon und Telephon, 9. die Braunsche Röhre, 10. der Glimmlichtoszillograph, 11. die elektrischen und akustischen Siebketten.

Auch die Apparate der Unterwasserschalltechnik sind, soweit sie als Meßgeräte in Frage kommen, behandelt worden.

Im siebenten Abschnitt sind die Torsions- und Dehnungsmesser behandelt, die fälschlich als Kraft- oder Spannungsmesser bezeichnet werden, da man mit ihrer Hilfe nur die Dehnungen und Gleitungen mißt. Sie gehören zu der Gruppe der bewegungaufzeichnenden Meßgeräte. Sie sind mit den Dynamometern, die ebenfalls behandelt worden sind und die zu den kraftaufzeichnenden Geräten gehören, nicht zu verwechseln. Hierbei sind die Torsions- und Dehnungsmesser wieder getrennt und in mechanische, optische und elektrische unterteilt worden. Die folgende Übersicht enthält die wichtigsten behandelten Meßverfahren und Geräte: 1. Torsionsmesser: a) die mechanischen Torsionsindikatoren (Collie, Föttinger, Denny-Edgecombe, Nettmann, Garry-Cummings), Torsionskraftmesser; b) optische Indikatoren, unmittelbare optische Verfahren (Görges und Weidig, Vieweg und Wetthauer, Bauersfeld, Nettmann), stroboskopische Verfahren (Jervis-Smith, Nettmann, Föttinger, Brevies-Gibson, Collie, Amsler, Vieweg, Denny-Edgecombe), die mechanisch-optischen Verfahren (Hopkinson und Thring, Frahm, Nettmann); c) elektrische Verfahren zu Verdrehungsmessungen, Markenanreißverfahren (Bauer, Föttinger, Frahm), Kontaktverfahren (Rambal, Nettmann, Denny und Johnson, Webb, Lux, Gardner, Barr und Stroud, Rangdale), Induktionsverfahren (Nettmann, Keinath, Moullin, Ford, Sarfert), Messung der Verdrehung mittels Ohmscher Widerstände (Elsässer), andere elektromagnetische Verfahren. 2. Dehnungsmesser: a) die mechanischen Dehnungsmesser: α) Dehnungsapparate mit Meßstange (Dupny, Manet,

Rabut, Mantel, Fränkel, Geiger), β) Dehnungsmesser mit Bügel und Schneide (Okhuizen, Mesnager, Collins, Siemann), b) die optischen Dehnungsmesser (Siemann, Fereday-Palmer, Mesnager), c) die elektrischen Dehnungsmesser (Peters-Johnston, Siemann, Thomas, Schäfer, Steinmetz); 3. Biegungsmesser; 4. Kraftmesser.

Im achten Abschnitt ist die Messung periodischer Vorgänge im allgemeinen Maschinenbau behandelt, und zwar bei der Messung des Ungleichförmigkeitsgrades: a) die mechanischen Verfahren (Bonin, Geiger, Frahm usw.); b) die optischen Verfahren (Görges und Weidig, Dyk, Blondel, Thoma, Wagner u. a.); c) die elektrischen Verfahren, Markenanreißverfahren (Göpel, Heck, Klönne, Runge u. a.), Kontaktverfahren (Huldschiner u. a.), Induktionsverfahren (Franke, Ytterberg, Riehm, Mader u. a.). Sodann weitere Anwendungen im allgemeinen Maschinenbau, z. B. beim Kurbeltrieb, Riementrieb, Zahntrieb, Messung des Lagerspiels, Auswuchten usw. (Polster, Schmaltz, Frahm, Vieweg und Wetthauer, Hort, Lawaczeck-Heymann, King-Salter, Wheeler u. a.) und schließlich einige allgemein anwendbare Verfahren, so z. B. das Widerstandsverfahren von Elsässer, das auf der Umkehrung des Kapillarelektrometers beruhende Verfahren von Schmaltz und das Induktionsverfahren von H. A. Thomas.

Der neunte Abschnitt handelt von den Indikatoren. Nach einer allgemeinen Behandlung der Indikatorfrage und Aufstellung der Richtlinien an der Hand abgeleiteter Gleichungen für ihre zweckmäßigste Bauart, insbesondere zum Indizieren schnellaufender Maschinen, sind die einzelnen Indikatoren in folgender Reihenfolge besprochen worden: 1. die mechanischen Indikatoren (Dreyer, Rosenkranz & Droop, Schäffer & Budenberg, Maihak, Lehman & Michels, Mader, Collins, Juhász, Schmitz u. a.); 2. optische Indikatoren (Hopkinson, Hospitalier, Carpentier, Schulze, Burstall, Midgley, Kirner u. a.); 3. elektrische Indikatoren (H. A. Thomas, Trowbridge, Midgley, Wood).

Im Schlußwort sind noch kurz die Verfahren und Meßgeräte der harmonischen Analyse gestreift worden.

Bei der Abfassung der ganzen Arbeit wurde das Ziel verfolgt, eine möglichst vollständige und vergleichende Darstellung des Standes der damaligen (Herbst 1926) mechanischen Schwingungsmeßtechnik im In- und Auslande von einem einheitlichen kritisch-theoretischen Standpunkt aus in sachlicher Form zu geben. Sämtliche Ausführungen sind durch Quellennachweise oder Angaben der ausführenden Firmen (1400 Quellennachweise und 520 Abbildungen) belegt. [B 75]

Metallreinigung mit Trichloräthylen

Ein im Vergleich mit den in Eisenbahnausbesserungswerken bekannten Abkochanlagen mit Sodalauge wirtschaftlich besseres Verfahren zum Waschen und Entölen von Eisenbahn-Fahrzeugteilen ist das Behandeln der Teile mit Trichloräthylen („Tri")[1]. Die zu reinigenden Fahrzeugteile werden bei diesem Verfahren mit dem gefahrlosen und gründlich entfettenden Tri gespült, das durch einfaches Abdestillieren mittels geschlossener Wasserdampfschlange wiedergewonnen wird. Eine derartige Anlage, Bauart Heller-Christ, die im Eisenbahnausbesserungswerk Grunewald aufgestellt ist, zeigt Abb. 1. In dem zylindrischen Waschgefäß *a* werden kleine Teile und in dem rechteckigen Gefäß *b* lange Teile, wie Treib- und Kuppelstangen, Kolben mit Kolbenstangen usw. gereinigt, die die Anlage völlig trocken und gründlich entfettet verlassen. Da die Metallteile in den Waschgefäßen im wesentlichen nur entfettet werden, so kommen sie stets mit einer dünnen Staubschicht bedeckt heraus und unterliegen noch einer Nachreinigung. Der Staub wird durch elektrisch angetriebene Stahldrahtbürsten entfernt und abgesaugt.

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 835.

Abb. 1
Schema der Trichloräthylen-Wasch- und Entfettungsanlage für Eisenbahn-Fahrzeugteile

a Zylindrisches Waschgefäß
b Längliches Waschgefäß
c Sammelgefäß für Tri
d Kreiselpumpe
e Sammelgefäß für zurückgewonnenes Öl
f Destillierblase für die Ölrückgewinnung
g Destillierblase für die Trirückgewinnung
h Kühler
i Sammelgefäß für die Oelrückgewinnung
k Rückflußkühler

Das von den Teilen gelöste Öl, das früher beim Abkochen mit Sodalauge stets stark mit Wasser vermengt war, wird jetzt durch das Extraktionsverfahren vollkommen wasserfrei zurückgewonnen. Dieses Öl mit noch etwa 50 vH Schmutz wird gereinigt und kann wieder als Achslageröl benutzt werden. Nach dem Abkochen in der fetten Sodalauge waren die Metallteile noch mit einer dünnen Fett-Schlammschicht bedeckt. Durch Abspritzen mittels Dampfstrahles war eine vollkommene Reinigung nicht möglich. Diesen Nachteil vermeidet die gründlichere Entfernung in Trichloräthylen. Bei diesem Verfahren wird auch die Bearbeitungsfläche besser freigelegt. Die Werkzeuge werden geschont, und ein besserer Grund für den Anstrich wird gegeben. Die mittlere Tagesleistung der Abkochanlage mit Soda betrug nur 5 t. Die Tri-Anlage liefert dagegen 10 t Waschgut an einem Tage mit den beiden Waschgefäßen. Diese Leistung ist begrenzt durch eine mindestens halbstündige Kühlzeit für jeden Arbeitsgang. Ein gründliches Trocknen der Metallteile und eine weitgehende Rückgewinnung der Tridämpfe wird hierdurch erreicht. Weiter betragen die kürzesten Entfettungszeiten 10 bis 15 min je nach der Dicke der Ölschicht. Ein Waschgang dauert 45 min bei Fließarbeit.

Die Betriebskosten betragen in der Tri-Anlage bei 9,75 t Waschgut an einem Tag 11,90 ℳ/t, gegenüber 14,15 ℳ/t in der Sodaanlage bei 5,25 t Tagesleistung. In einem Jahre werden rd. 36 t Abfallöl bei 10 t Waschgut an einem Tag zurückgewonnen. Neues Öl würde 9360 ℳ bei 26 ₰/kg kosten. Da die Reinigungskosten für das wiedergewonnene Öl 1656 ℳ betragen, so werden demnach 7704 ℳ/Jahr an Öl und 6750 ℳ/Jahr an Betriebskosten bei 10 t/Tag Waschgut gespart. Hierzu kommen 15 504 ℳ Löhne für 18 240 h bei 0,85 ℳ/h und 160 vH Unkostenzuschlag, d. h. 24 806 ℳ, so daß insgesamt rd. 54 764 ℳ in einem Jahre gespart werden können. („Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens" Bd. 81 (1926) S. 169)

[M 2003] Hasse

Stangenantrieb — Einzelachsantrieb

Unter der Überschrift „Überlegenheit des Stangenantriebes gegenüber dem Einzelachsantrieb" hatten wir in Nr. 13, S. 418, einen Bericht der Elektrotechnischen Zeitschrift[1]) über Versuche mit drei elektrischen Lokomotiven veröffentlicht, nicht ohne unsre Bedenken darüber auszudrücken, ob die vorliegenden Ergebnisse schon ein endgültiges Urteil erlauben. Nach einer ergänzenden Mitteilung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft[2]) zeigt sich nun, daß unsre Einwände nicht ganz unberechtigt waren. Die Angaben über die Leistungsfähigkeit der schweren Schnellzuglokomotive 1 D_0 1 und die Ausführungen beim Vergleich der drei Lokomotiven werden für unrichtig erklärt. Die aus den mit Meßwagen ausgeführten Versuchsfahrten gewonnenen Ergebnisse werden gegenwärtig noch ausgewertet und zusammengestellt. Über diese Ergebnisse und über die Bauart der Lokomotiven werden eingehende Berichte in Aussicht gestellt. Wir werden zu gegebener Zeit ausführlich auf die Angelegenheit zurückkommen. [N 329] Gs.

[1]) ETZ Bd. 48 (1927) S. 53. [2]) ETZ Bd. 48 (1927) S. 190.

RUNDSCHAU

Aus dem Ausland

Abb. 1
2 D 2-Schnellzuglokomotive für die Northern Pacific-Bahn, erbaut von der American Locomotive Co.

Lokomotive:

Zylinder-Dmr.	711 mm
Hub	730 „
Treibrad-Dmr.	1 854 „
Achsstand der gekuppelten Achsen	6 172 „
„ „ Lokomotive	14 376 „
„ von Lokomotive und Tender	27 431 „
Rostfläche 4,1 × 2,6 mm =	10,7 m²
Dampfüberdruck	14,8 at
Wasserberührte Heizfläche:	
Feuerbüchse	39,95 m²
Heizrohre	382,28 „
Wasserrohre	5,17 „
Ueberhitzer	185,6 „
Gesamt	613,— m²
Achsdruck, vorderes Drehgest.	28,1 t
„ der Treibräder	117,9 „
„ , hinteres Drehgest.	47,2 „
Dienstgewicht	195,2 „

Tender:

Wasserraum	56,8 m³
Kohlenvorrat	24 t
Leergewicht	61.2 „
Dienstgewicht	142,0 „

Eisenbahnwesen

Die ersten 2D2-Schnellzuglokomotiven

In Nr. 2 S. 70 unserer Zeitschrift haben wir über eine Bestellung von 2 D 2-Schnellzuglokomotiven für die Atchison-Topeka und St. Fé-Bahn bei den Baldwin-Werken berichtet. Nun hat aber die American Locomotive Co. bereits im Spätherbst 1926 zehn 2 D 2-Schnellzuglokomotiven, Abb. 1, für die Northern Pacific-Bahn abgeliefert. Diese stellen somit die ersten derartigen Lokomotiven der Welt dar.

Der Kleinrohrüberhitzer besetzt von den 215 Heizrohren 182 Stück. Die große Rostfläche von 10,7 m² ist durch die Verwendung minderwertigen Brennstoffes (Braunkohle) bedingt, von dem der sechsachsige Tender 24 t faßt.

Die Zugkraft der Lokomotive ergibt sich mit dem Beiwert von 0,85 nach der amerikanischen Rechnungsweise zu 25 990 kg, entsprechend einem Reibungswert 4,52.

Das hintere, zweiachsige Drehgestell trägt auf der letzten Achse eine Zusatzmaschine, die weitere 5170 kg Zugkraft, entsprechend einem Reibungswert 5,26, an dieser Achse ergibt. [M 218] M.

Schiffs- und Seewesen

Entwicklung der ausländischen Kriegsmarinen im Jahre 1926[1])

Obwohl den ausländischen Kriegsmarinen im letzten Jahre fast ausschließlich Kreuzer und kleinere Fahrzeuge eingereiht worden sind, so ist der Zuwachs im ganzen genommen doch größer als je in einem Jahre nach Abschluß des Washingtoner Vertrages. Den Hauptanteil hieran trägt England. Von den zu Wasser gebrachten Kriegschiffen sämtlicher Marinen haben nur sechs eine Verdrängung über 10 000 t.

In englischen Fachkreisen ist man der Ansicht, daß das Verbot des Baues von Linienschiffen nicht über das im Washington-Vertrag festgesetzte Jahr 1931 hinausgehen wird. Im vergangenen Jahre waren insgesamt 24 Kreuzer von 10 000 t Verdrängung bei den fünf führenden Seemächten im Bau, in diesem Jahre werden zwölf weitere folgen. Zerstörer und große U-Boote bauen hauptsächlich Frankreich und Japan. Die französischen Flottillenführer verdrängen etwa 2700 t, die Zerstörer 1500 t und die japanischen Zerstörer 1800 t. Noch größere U-Kreuzer als der englische „X 1“, der über Wasser 2200 t verdrängt, sind in Amerika, Frankreich und wahrscheinlich auch in Japan im Bau. Im einzelnen ist folgendes zu berichten:

England

Die Linienschiffe „Nelson“ und „Rodney“, die jetzt bei Armstrong, Whitworth & Co. und Cammell, Laird & Co. ausgerüstet werden, hofft man noch vor dem Sommer dieses Jahres für die Probefahrten fertigzustellen. Weitere Einzelheiten als bisher werden auch jetzt nicht veröffentlicht. Es wird nur betont, daß sie umwälzende Neuerungen auf artilleristischem und technischem Gebiet im Vergleich zu allen vorhandenen Linienschiffen aufzuweisen haben. Man hofft, in nicht allzu ferner Zeit ausführliche Angaben veröffentlichen zu können. Einen Vergleich mit den besten amerikanischen und japanischen Linienschiffen zeigt Zahlentafel 1.

Auf dem Gebiete des Kreuzerbaues ist es England gelungen, sich an die Spitze der Hauptseemächte zu setzen. Bauliche Einzelheiten sind wenig bekannt; fest steht, daß die Schiffe acht 20,3 cm-Geschütze in Doppeltürmen erhalten. Die zum Bauplan 1924/25 gehörenden fünf Schiffe „Suffolk“, „Cornwall“, „Kent“, „Cumberland“ und „Berwick“ sind im Februar und März 1926 vom Stapel gelaufen und werden jetzt ausgerüstet.

Fünf weitere Kreuzer gleicher Bauart sind auf Stapel gelegt, von denen vier, nämlich „London“, „Devonshire“, „Scropshire“ und „Sussex“ zum Bauplan des Jahres 1925 und der fünfte zum Bauplan 1926 gehören. Ein sechster im Bauplan von 1926 vorgesehener Kreuzer ist noch nicht vergeben, wohl aber ein 8000 t-Kreuzer. Einschließlich der beiden Kreuzer „Australia“ und „Canberra“ für die australische Regierung, die auf der Werft von John Brown & Co. Ltd. auf Stapel liegen, werden sich Ende März d. J. 14 Kreuzer im Bau befinden. In dem Bauplan des Finanzjahres 1927/28 sind ein Kreuzer von 10 000 t und zwei von 8 000 t vorgesehen.

Auch auf andern Gebieten des Kriegschiffbaues hat England eine riesige Tätigkeit entfaltet; so hat es einen Minen-

Zahlentafel 1. Vergleich englischer, amerikanischer und japanischer Linienschiffe

		England „Nelson“	Amerika „Colorado“	Japan „Mutsu“
Länge in der Wasserlinie	m	214,11	183,00	201,30
Größte Breite	„	32,33	29,68	28,98
Mittlerer Tiefgang	„	9,15	9,30	8,84
Verdrängung bei voller Belastung	t	38 500 (?)	33 590	34 500
Geschwindigkeit	Kn	23	21	23
Gürtelpanzer	mm	356	406	330
Bewaffnung		neun 40,6 cm zwölf 15,2 „ zehn 10,2 „ Luftabwehr	acht 40,6 cm zwölf 12,7 „ acht 12,7 „ Luftabwehr	neun 40,6 cm zwanzig 14 „ vier 7,6 „ Luftabwehr

[1]) „The Engineer“ Bd. 143 (1927) S. 2; The Shipbuilder“ Jahresheft 1927.

leger von 6740 t Verdrängung („Adventure“), zwei Zerstörer („Ambuscade“ und „Amazon“), acht U-Boote, vier Kanonenboote, ein Depotschiff für U-Boote, ein Schwimmdock für Singapore und zwei U-Boote für Australien im Bau.

Die Zerstörer „Ambuscade“ und „Amazon“ sind die beiden ersten nach dem Kriege fertiggestellten Zerstörer, sie haben etwa die gleiche Verdrängung wie die „W“-Klasse, sind jedoch breiter bei geringerem Tiefgang und übertreffen mit 37 Kn die Geschwindigkeit der „W“-Klasse um 3 Kn. Der große U-Kreuzer „X 1“, der untergetaucht 3600 t verdrängt und 106,75 m lang ist, macht noch immer Probefahrten nach wiederholten umfangreichen Änderungen, ohne daß günstig über ihn berichtet werden konnte.

Nunmehr wird auch über seine Bestückung etwas bekannt, sie besteht aus vier 13,2 cm-Geschützen und sechs Torpedorohren. Die Gesamtkosten des Kreuzers übersteigen durch die Änderungen 20 Mill. Mark. Das U-Boot „Oberon“, das am 24. September vorigen Jahres vom Stapel gelaufen ist, wird in kurzer Zeit fertiggestellt sein, es hat 1480 t Verdrängung über und 1750 t unter Wasser. Die beiden für die australische Regierung im Bau befindlichen Boote gehören zur gleichen Klasse.

Der Umbau der beiden ehemaligen Kreuzer „Glorious“ und „Courageous“ zu Flugzeugträgern dürfte kaum vor dem Jahre 1928 beendet sein, da die Bauraten nur spärlich bewilligt werden. Das Unterseeboot-Depotschiff wird durch doppeltwirkende Zweitaktmotoren, Bauart MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg) angetrieben, deren Lizenznehmerin die englische Firma Vickers ist. Das für Singapore bestellte Schwimmdock soll bei etwa 260 m Länge und 51,8 m Breite ein Hebevermögen von 50 000 t haben.

Amerika

Über die Entwicklung der amerikanischen Marine ist wenig zu berichten, es sind im letzten Jahr insgesamt nur zwei Kreuzer und zwei U-Boote auf Stapel gelegt worden. Obwohl bereits im Jahre 1925 der Bau von acht Kreuzern bewilligt worden war, wurde der erste Kreuzer, die „Pensacola“, erst Ende Oktober vorigen Jahres auf der Staatswerft New York auf Stapel gelegt. Auch der zweite Kreuzer, die „Salt Lake City“, dürfte inzwischen bei Cramps in Philadelphia auf Stapel gelegt worden sein. Drei weitere Kreuzer sollen zu Beginn dieses Jahres in Angriff genommen werden. Nach den amtlichen Angaben haben die Schiffe 178,43 m Länge über alles, 20,13 m Breite, 5,8 m mittleren Tiefgang, 10 000 t Verdrängung und 33 Kn Geschwindigkeit. Die Bewaffnung besteht aus zehn 20,3 cm-Geschützen in zwei Dreifach- und zwei Doppeltürmen und sechs 12,7 cm-Luftabwehrgeschützen.

Die beiden U-Kreuzer „V 5“ und „V 6“ übertreffen mit 3000 t Oberflächenverdrängung noch den englischen U-Kreuzer „X 1“. Sie sind auf den Werften in Portsmouth und Mare Island seit Anfang Juni vorigen Jahres im Bau. Die Baukosten werden zu etwa 25,5 Mill. Mark angegeben. Der U-Kreuzer „V 4“, der in diesem Jahre vom Stapel laufen wird, ist ein U-Minenkreuzer von 2890 t Verdrängung und 17 Kn Oberflächengeschwindigkeit. Die Gesamtbewaffnung des Kreuzers besteht aus einer 15 cm-Kanone, vier 53 cm-Torpedorohren und 60 Minen.

Die Linienschiffe „Texas“, „Arkansas“ und „Florida“ sind umgebaut worden, um sie technisch auf der Höhe zu erhalten. Man hat das Panzerdeck verstärkt, die Kohlenfeuerung durch Ölfeuerung ersetzt, Außenhaut-Wulste angebaut und die Gittermasten durch Dreibeinmasten ersetzt. Später sollen „New York“, „Wyoming“ und „Utah“ in gleicher Weise umgebaut werden.

Die gewaltigen Flugzeugträger „Lexington“ und „Saratoga“ von 33 000 t Verdrängung und 34,5 Kn Geschwindigkeit hofft man nun endlich im Laufe dieses Jahres fertigzustellen. Damit würden die Amerikaner auf dem Gebiet der Flugzeug-Sonderschiffe die Führung übernehmen.

Japan

Die Durchführung der japanischen Baupläne ist durch Geldknappheit wesentlich behindert worden. So konnten von den im Jahre 1922 bewilligten acht Kreuzern bisher nur zwei fertiggestellt werden, vier sollen jetzt vom Stapel laufen. Die größten im vergangenen Jahre zu Wasser gebrachten Kriegsschiffe waren die beiden Kreuzer „Aoba“ in Nagasaki und „Kinugasa“ in Kobe. Sie haben 30 Monate auf der Helling gelegen.

Obgleich die Schiffe nur 7100 t verdrängen, werden sie von englischen Sachverständigen als äußerst gefechtstark bezeichnet. Sie gleichen in vielen Punkten den im vorigen Jahr fertiggestellten Kreuzern „Furutaka“ und „Kako“, doch waren bei diesen die sechs 19 cm-Geschütze einzeln aufgestellt. Bei den jetzigen beiden Neubauten sind die sechs 19 cm-Geschütze in drei Doppeltürmen untergebracht, und zwar stehen zwei Türme im Vorschiff und einer hinten. Die Maschinenanlage besteht aus Getriebeturbinen von 100 000 Wellen-PS Leistung für 33 Kn Geschwindigkeit.

Trotz der für die Verdrängung des Kreuzers starken Bestückung und seiner sonst vollkommenen Ausrüstung führen die „Aoba“ und ihr Schwesterschiff zwei Flugzeuge mit Katapulteinrichtung an Bord. Wenn die Engländer auch von der Gefechtstärke der japanischen Kreuzer überzeugt sind, so hegen sie zunächst noch gewisse Zweifel bezüglich der See-Eigenschaften. Diese Zweifel entspringen aber wohl hauptsächlich einer etwas mißgünstigen Kritik.

Von den 10 000 t-Einheitskreuzern sind die folgenden vier Schiffe im Bau: „Nachi“, „Myoko“, „Ashigara“ und „Haguro“, die 1924/25 auf Stapel gelegt wurden. Man hofft, die Neubauten in diesem Jahre zu Wasser zu bringen. Der Stapellauf der „Myoko“ wurde dadurch verzögert, daß im Dezember 1925 durch den Zusammenbruch zweier Krane das Mittelschiff derart beschädigt wurde, daß es praktisch erneuert werden mußte. Die Bestückung dieser Kreuzer wird aus neun 20,3 cm-Geschützen in Dreifachtürmen bestehen. Die Flugzeugschiffe „Akagi“ und „Kaga“ von 29 600 t und 27 000 t Verdrängung, ursprünglich als Linienschiffe bestimmt und nach den Beschlüssen der Washingtoner Konferenz umgebaut, sollen in diesem Jahr in Dienst gestellt werden.

Über den Stand des Baus der japanischen Zerstörer und U-Boote ist man nicht genau unterrichtet. Anfang 1926 befanden sich 12 Zerstörer im Bau, und zwar sieben von der neuen 1800 t-Klasse und fünf von 1400 t Verdrängung. Weitere zwölf Zerstörer sind im Bauplan für 192[illegible] bewilligt. Die größeren Zerstörer sollten mit 15 cm-Geschützen ausgerüstet werden, doch wurden diese aus Sparsamkeitsrücksichten durch 12,94 cm-Kanonen ersetzt.

An U-Booten waren im vergangenen Jahr im Bau: ein Boot von 770 t, fünf Boote von etwa 1000 t, vier Boote von 1500 t und drei Boote von 1970 t Verdrängung. Weitere 13 Boote sind bewilligt worden, von denen wahrscheinlich einige bereits auf der Helling liegen. Man nimmt an, daß bei den neuesten japanischen Booten die Verdrängung gesteigert worden ist und daß ein Teil der U-Kreuzer, wenigstens vier davon, Minenleger sind.

Der neue, augenblicklich zur Genehmigung vorliegende Bauplan umfaßt vier Kreuzer von 10 000 t, 15 Zerstörer, vier U-Boote, drei Kanonenboote, einen Flugzeugträger und einen Minenleger. Die Kosten dieses Bauplanes sind auf etwa 520 Mill. Mark veranschlagt.

Frankreich

Die französische Kriegsmarine hat während des vergangenen Jahres einen wertvollen Zuwachs an Kreuzern, Torpedo-Flottillenführern und Zerstörern sowie an U-Booten erhalten. Die größten Schiffe, die in Dienst gestellt wurden, waren die Kreuzer „Duguay-Trouin“, „Lamotte-Picquet“ und „Primauguet“ mit 7880 t Verdrängung und 100 000 Wellen-PS Maschinenleistung. Bei den Meilenfahrten wurden rd 33 Kn Geschwindigkeit erreicht. Die Hauptbewaffnung besteht aus acht 15,4 cm-Geschützen in Doppelrohraufstellung, vier 7,3 cm-Luftabwehrkanonen und zwölf Überwasser-Torpedorohren. Die Fertigstellung der Neubauten ist durch technische Änderungen am Schiffskörper und der Maschinenanlage verzögert worden.

Von den 10 000 t-Einheitskreuzern werden „Duquesne“, der in Brest am 27. Dezember 1925 vom Stapel gelaufen ist, und „Tourville“, der am 24. August 1926 in Lorient zu Wasser gebracht wurde, demnächst fertiggestellt. Ein dritter Kreuzer, „Suffren“, liegt in Brest auf der Helling; seine aus Getriebeturbinen bestehende Maschinenanlage hat 130 000 Wellen-PS Konstruktionsleistung für 33 Kn Geschwindigkeit. Die Bewaffnung besteht aus acht 20,3 cm-Geschützen, acht 7,3 cm-Luftabwehrkanonen und sechs Torpedorohren. Ein vierter Kreuzer dieser Klasse, dessen Kessel gemischte Feuerung erhalten, soll in diesem Jahr auf Stapel gelegt werden.

Mit seinen Torpedofahrzeugen nimmt Frankreich eine führende Stellung ein. Sechs der „Chacal“-Klasse konnten im Laufe des Jahres in Dienst gestellt werden. Sie verdrängen je 2362 t, die Konstruktionsgeschwindigkeit konnte von „Tigre“ überschritten werden, der während einer Stunde 36,93 Kn und während acht Stunden 35,7 Kn erreicht hat. Drei größere Fahrzeuge dieser Art, die der „Guépard“-Klasse, wurden im September auf Stapel gelegt. Sie verdrängen 2650 t, sollen 36 Kn Geschwindigkeit erreichen und sind mit fünf 14 cm-Kanonen gegenüber den 12,95 cm-Kanonen der vorhergehenden Klasse bewaffnet. Die zwölf Zerstörer der „Simoun“-Klasse von 1430 t Verdrängung und 33 Kn Geschwindigkeit haben vier 12,95 cm-Kanonen und sechs Torpedorohre erhalten. Sechs Zerstörer der „Adroit“-Klasse sind vom Stapel gelassen worden. Sie sind 35 t größer als die „Simouns“ und mit 14 cm-Kanonen bewaffnet. Vier weitere Boote dieser Klasse wurden begonnen.

An U-Booten sind „Phoque“ und „Caiman“ vom Stapel laufen, dies sind die letzten beiden Boote der „Requin“-lasse, die aus neun Booten besteht und zum Bauplan 922/23 gehört. Sie verdrängen 1130 t, haben 16 Kn Geschwindigkeit und sind mit einer 10 cm-Kanone und 10 Tordorohren bewaffnet. Neun größere Boote der „Redoutble“-Klasse sind im Bau, sie verdrängen 1550 t und haben 3 Kn Geschwindigkeit. Ein U-Kreuzer von 3000 t Verdrängung soll in Cherbourg auf Stapel gelegt werden, seine berflächengeschwindigkeit wird zu 18 Kn angegeben. Zwölf ittlere Boote der „Ariane“-Klasse (600 t Verdrängung und Kn Geschwindigkeit) sind zu Wasser gebracht und sechs eitere liegen auf der Helling.

Insgesamt umfaßt der Bauplan bis 1931: Drei Kreuzer, völf Flottillenführer, vierzehn Zerstörer und 24 Unterseeoote.

Italien

Die einzigen größeren im Bau befindlichen Schiffe sind e Kreuzer „Trieste“ und „Trento“, von denen der erste Oktober auf der Werft Stabilimento Tecnico vom Stapel laufen ist. Bei 10 000 t Verdrängung sollen sie mit 0 000 Wellen-PS Maschinenleistung 34,5 Kn Geschwindigeit erreichen; sie erhalten acht 20,3 cm-Geschütze und sechhn Luftabwehrkanonen. Drei weitere Kreuzer dieser lasse sind geplant. Acht Zerstörer wurden fertiggestellt id acht weitere sind im Bau (1200 t Verdrängung, 35 Kn eschwindigkeit, vier 12 cm-Geschütze und sechs Torpedohre). Die zwölf im Bau befindlichen U-Boote verdrängen 30 t, 805 t und 1300 t und haben 17,5 und 18,5 Kn Geschwingkeit.

Spanien

Spanien verdient durch seine Kreuzer- und Zerstörerauten Aufmerksamkeit. „Miguel de Cervantes“, ein dritter reuzer der „Principe Alfonso“-Klasse, wurde in Ferrol auf apel gelegt; er verdrängt 7850 t, man erwartet 33 Kn Gehwindigkeit. Drei Zerstörer der „Churruca“-Klasse sind Angriff genommen und drei weitere geplant, so daß insesamt neun vorhanden sein werden. „Churruca“ konnte af der Probefahrt 39,76 Kn erreichen und damit einen eschwindigkeitsrekord aufstellen.

Der Gesamtbericht läßt erkennen, wie gewaltige Mittel on den führenden Seemächten aufgewendet werden, um sich genseitig im Wettrüsten zu übertreffen. Lächerlich erheint es, wenn gerade diese Mächte, teilweise mit Besorgıs, die bescheidenen Rüstungen Deutschlands argwöhnisch erwachen. [N 102] Kp.

Fischerei

Vom Walfang der Norweger

Mitte des vorigen Jahrhunderts stand der Walfang noch n nördlichen Eismeer, besonders um Spitzbergen, in Blüte. ls dann gegen Ende des Jahrhunderts die Fänge stark zuickgingen, wurden sie von den deutschen Gesellschaften fgegeben.

Die verschiedenen Südpolexpeditionen erschlossen bisr kaum bekannte Gebiete und lehrten, daß der Walfang rt viel erfolgreicher als im Norden betrieben werden nn; hierzu mußten die Schiffsexpeditionen allerdings für ele Monate ausgerüstet werden. Vor reichlich 25 Jahren urde die erste große Walexpedition nach der Südsee gendt, nachdem eine in ähnlicher Weise zusammengesetzte pedition schon im nördlichen Eismeer gut gearbeitet und ertvolle Erfahrungen heimgebracht hatte.

Früher hatte man den Wal vom Ruderboot aus gehossen und ihn dann, so gut es ging, auf dem Wasser, ıben dem Segler liegend, zerlegt. Sein Speck wurde in nfachster Weise an Bord verarbeitet. Heute benutzt man eine schnelle Dampfer, von denen aus der Wal erlegt rd. Diese schleppen ihn neben sich her zu einem eigens erzu hergerichteten Stationsschiff, wo er in wirtschaftcher Weise ausgeschlachtet werden kann, währenddes die ampfer auf einen neuen Fang ausgehen.

Entsprechend den immer höher gestellten Ansprüchen Seetüchtigkeit, Geschwindigkeit, Manövrierfähigkeit und devermögen wurden beide Schiffsarten stetig vergrößert.

Das heutige Walfanggeschäft liegt fast ausschließlich den Händen der Norweger, die auch verstanden haben, bis zur höchsten Vollendung auszubauen. Die Aufwenngen hierfür sind ganz gewaltig und die Einrichtung der ationsschiffe, auf denen die Wale ausgeschlachtet werden, ist mustergültig, daß sie wie vorzüglich eingerichtete Fabrin arbeiten. Annähernd 4000 Mann sind alljährlich in dien Gewerbe auf den Schiffen zu finden. Vom Umfang des nges und den Liegeorten der Fanggründe gibt die nachhende, allerdings unvollständige Zusammenstellung einen griff, in der die Ergebnisse zweier größerer Gesellschaften nicht enthalten sind. Die Ausbeuten an Walöl betrugen Winter 1924/25 und Sommer 1925:

Abb. 2. Walfangboot

Süd-Shetland-Inseln	288 000 hl
Süd-Georgien	290 000 „
Süd-Orkney-Inseln	37 050 „
Ross-Meer	50 600 „
Afrika	82 200 „
Spanien	60 300 „
Portugal	6 860 „
Faroer-Inseln	4 230 „
Westküste Norwegen	21 400 „
Grönland	3 980 „
Mexiko	38 200 „
Kamtschatka	15 850 „
Peru	20 650 „
andere Gründe	31 800 „
gesamte norwegische Ausbeute	951 120 hl

Der Wert dieses Öles ohne die Nebenerzeugnisse betrug rd. 90 Mill. norwegische Kronen.

Im Jahre 1925/26 brachten die Fänge bei Süd-Shetland 471 000 hl Öl, wovon auf die Norweger 334 000 hl entfielen. Nachstehende Gesellschaften waren hieran wie folgt beteiligt.

A.-S. Sydhavet	39 000 hl
„ Hvalen	40 900 „
„ Hektor	66 000 „
„ Ørnen II	38 200 „
„ Ørnen (Falk)	33 850 „
„ Odd	41 000 „
„ Laboremus	37 600 „
„ Norge	37 400 „
	333 950 hl

Aus dem Süd-Georgien-Bezirk wurden von drei Gesellschaften 1925/26 rd. 300 000 hl heimgebracht, und zwar von der:

A.-S. Vestfold	137 100 hl
„ Tønsbergs Hvalfangeri	92 600 „
„ Bryde & Dahls	70 000 „

Weiter brachten norwegische Fänge in der Saison 1925/26

von den Süd-Orkney-Inseln	63 800 hl,
von Patagonien	6 360 „ ,
vom Ross-Meer	60 000 „ .

Alle norwegischen Fänge brachten 1925/26 rd. 763 500 hl. Vom 7. November 1924 bis 28. April 1925 schoß die Sydhavet Whaling Co. in der Bransfield-Straße 321 Wale, die 35 000 hl Öl lieferten, und die Rosshavet Whaling Co. vom 4. Dezember 1924 bis 4. Februar 1925 bei Süd-Victoria-Land 427 Wale, die 50 650 hl Öl lieferten und daraus nach dem damaligen Geldwert 1 919 228 Kr erzielten.

Danach brachten die Tiere im Durchschnitt 109 bis 118,5 hl Öl oder umgerechnet etwa 7300 bis 8000 RM/Stück.

Das größte dort erlegte Tier war 28 m lang und lieferte 485 hl Öl im Werte von rd. 32 700 RM.

Die Dividende der Sydhavet Whaling Co. betrug 40 vH, der Tønsberg Walfang-Ges. 45 vH und die der Rosshavet Whaling Co. 15 vH. Bei der Neuauflegung von Aktien dieser Gesellschaft, die mit der Konzession für die Neu-Seeland-Gebiete verknüpft wurde, stellte sie in Aussicht:

10 vH Dividende bei . . 55 600 hl
12 „ „ „ . . 59 600 „
15 „ „ „ . . 63 550 „
20 „ „ „ 66 800 bis 68 400 hl Ausbeute.

Der Preis des Öles hängt ganz von seiner Güte ab, die beste Sorte wird mit etwa 700 ℳ/t bezahlt.

In einigen Fanggründen sind für den Walfang Konzessionen erforderlich, die von Südafrika, Argentinien, Neu-Seeland und anderen Staaten erteilt werden. Dies hat zur Gründung dort ansässiger Firmen geführt, die jedoch fast sämtlich unter norwegischer Führung stehen.

Die Walfangboote und Stationsschiffe treten ihre Ausreise von Norwegen spätestens Ende November an und kehren gewöhnlich im Mai bis Juni aus dem Fanggebiet zurück.

Die Schiffsformen und Abmessungen der Fangschiffe weichen nicht sehr von denen der Fischdampfer ab, allerdings ist der Vorsteven stark nach außen gekrümmt und läuft in ein für Eisbrechdienste geformtes Vorschiff aus. Der Kiel liegt steuerlastig, das Hauptspant gleicht mit seiner hohen Aufkimmung dem der Fischdampfer. Die Schiffe haben gute See-Eigenschaften. Zugleich mit den Maschinenleistungen sind auch die Schiffsabmessungen vergrößert worden. Die neueren Schiffe haben im Durchschnitt 250 bis 280 B.-R.-T. Raumgehalt. Die Länge schwankt dementsprechend zwischen 32 und 36,5 m, die Breite zwischen 6,5 und 7 m, die Seitenhöhe zwischen 4,1 und 4,25 m. Die kleinen Schiffe verdrängen etwa 430 t.

Kennzeichnend für die Fangboote ist das Fehlen einer Back, Abb. 2, die das glatte Auslaufen der abgeschossenen Fangtrosse behindern würde. Über dem Vorsteven ist der Standort der Harpunenkanone, die zumeist von dem Kapitän selbst bedient wird. Ein niedriges festes Schanzkleid läuft gewöhnlich nur bis zur halben Schiffslänge, es wird durch Stützen mit Drahtdurchzug erhöht, nach achtern schließt sich ein offenes Geländer an. Das Deck hat einen starken Sprung erhalten und läuft ohne Unterbrechung von vorn bis hinten durch. Es besteht, wie auch auf Fischdampfern üblich, aus Holz. Die starke Maschinenanlage ist fast auf halber Schiffslänge angeordnet, davor liegt an Deck die Kapitänskammer mit darüber befindlicher geräumiger Kommandobrücke. An die Kapitänskammer schließen sich nach achtern der Aufbau über Kessel und Maschine und weiter der Aufbau der an Deck befindlichen Wohnräume für den ersten Maschinisten, Messe, Steuermann und Koch an. Unter dem Vorschiffsdeck sind zwei Maschinisten, zwei Heizer, vier Matrosen und die Mannschaftsmesse untergebracht. Als Zugang vom Deck dient eine Kappe. Insgesamt sind also zwölf Mann auf einem solchen Boote tätig.

Auf dem Mitteldeck steht eine schwere, mit vier Zylindern arbeitende Walwinde, außerdem auf dem Vordeck noch ein Dampfspill. Die neueren Schiffe haben zwei Masten, die verhältnismäßig hoch sind, und von denen der vordere im Top eine Tonne für den Beobachter trägt. Zum Längsseitschleppen der Wale sind auf Deck eine Reihe schwerer Poller und im Schanzkleid die nötigen Klüsen vorgesehen. Ferner ist jedes Boot noch mit einem Schleppgeschirr, bestehend aus Bügel und Haken, das an der Hinterwand des Deckaufbaues befestigt ist, versehen. Eine Besonderheit stellen die starken Bufferfedern dar, die die ruckweise eintretenden Beanspruchungen der Walfangtrosse aufnehmen sollen. In Höhe des Aufbaudecks ist an jeder Bordseite ein Rettungsboot neben den zugehörigen Davits aufgestellt.

An die Manövrierfähigkeit werden hohe Anforderungen gestellt; deshalb ist auch jedes Boot mit einem Dampfsteuerapparat ausgerüstet, der das Legen des Ruders von Hartbord zu Hartbord in etwa 30 s gestattet, und das Beschreiben eines Kreises in voller Fahrt soll in rd. 1½ bis 2 min ausgeführt werden können.

Die Geschwindigkeiten der Schiffe schwanken zwischen 11 und 12½ Kn, hierfür sind Maschinenleistungen von 60[illegible] bis 1000 PS_i bei etwa 120 Uml./min erforderlich. Der zylindrische Schiffskessel arbeitet mit 14 at Überdruck und ist für Kohlenfeuerung eingerichtet, neuerdings hat man einen Versuch mit Ölfeuerung gemacht. Die Kohlenbunker fassen selten mehr als 90 bis 100 t. Die Hauptmaschine ist eine Dreifach-Expansionsmaschine mit angehängten Pumpen. Maschinen- und Kesselraum sind durch ein Schott von einander getrennt. Neben den üblichen Hilfsmaschinen und einer Dampfdynamo ist im Maschinenraum noch ein mit Dampf betriebener Luftverdichter aufgestellt, der dazu dient, die geschossenen Wale aufzupumpen. Die Luft von niedriger Spannung wird hierzu durch Rohre und Schläuche geleitet. Sämtliche Räume und die Positionslampen werden elektrisch beleuchtet, auch ist ein Scheinwerfer und eine FT-Anlage vorhanden.

Im Jahre 1926 wurden auf norwegischen Werften 16 Walfänger von zusammen 3840 B.-R.-T. Raumgehalt gebaut. Das kleinste Schiff hatte 170 und das größte 280 B.-R.-T. Raumgehalt. Von diesen 16 Booten waren zwei für Argentinien, zwei für Ecuador und ein Boot für Spanien bestimmt.

Besonders bemerkenswert sind die Stationsschiffe. Die kleineren von rd. 3000 t Tragfähigkeit fassen etwa 15 900 hl Öl, die mittelgroßen sind in der Mehrzahl; sie haben 600[illegible] bis 9000 t Tragfähigkeit und fassen dementsprechend 40 00[illegible] bis 65 000 hl Öl. Sechs Stationsschiffe der norwegischen Flotte haben je 10 000 t Tragfähigkeit. Zumeist handelt es sich um ältere Fahrzeuge, die für diesen besonderen Zweck umgebaut worden sind.

Ende 1926 ist als größtes Schiff seiner Art der im Jahre 1913 gebaute Tankdampfer „San Georgia“ von 17 500 t Tragfähigkeit unter dem neuen Namen „C. A. Larsen“ von der Rosshavet Whaling Co. in Dienst gestellt worden. Die Umwandlung dieses Schiffes vom gewöhnlichen Handelsdampfer zum größten Stationsschiff wurde, wie „The Journal of Commerce“[1]) berichtet hat, von einer norwegischen Werft ausgeführt. „C. A. Larsen“ hat Ölfeuerung; die Maschinenanlage liegt im Hinterschiff, die Öltanks sind davor angeordnet und reichen bis zum Hauptdeck. Über diesem Deck befindet sich aber noch ein Schutzdeck. Die großen Ölzellen sind mit wenigen Änderungen für die Aufnahme des Tranes nutzbar gemacht, auch die Zellen für das Kesselheizöl sind beibehalten worden. Die für den Tran bestimmten Zellen mußten gründlich gereinigt werden; auch war darauf Bedacht zu nehmen, daß das Heizöl nicht mit dem wertvollen Walöl in Berührung kommen kann.

Um die umfangreichen Trankoch-Einrichtungen unter dem Schutzdeck unterbringen zu können, war es für etwa ¾ Schiffslänge auf 4,55 m zu erhöhen. Unter ihm sind zwei Reihen 46 große Kessel, ein Schnellkocher, verschiedene sonstige Geräte und eine Menge offene Behälter und Zellen aufgestellt, die alle zum Auskochen oder zur Reinigung des Öles dienen. Das Walfleisch wird mit Dampf ausgekocht, wofür ein besonderer Schiffskessel angeordnet wurde. Sämtliche Einrichtungen und Kessel sind durch Rohrleitung und Pumpen miteinander verbunden.

Auf das oberste Deck wird der Wal gebracht und dort zerlegt. Doch kann man ihn auch auf den Bordseiten bearbeiten, wofür schwere Blöcke und gewaltige Kranbäume bestimmt sind. Dieses Verfahren soll jedoch nur in besonderen Fällen angewendet werden. Beabsichtigt ist, den ganzen Wal an Deck zu bringen, um ihn dort zu zerteilen. Hierzu dient folgende durch Patent geschützte Bauart des Bugs: Ein aus Stahlplatten gebauter Tunnel von 6 m Dmr. führt vom obersten Deck schräg nach der Wasserlinie, Abb. 3, wo er durch ein der Bugform angepaßtes und im oberen Teil in Scharnieren hängendes Tor, das annähernd 60 t wiegt, verschlossen werden kann. Mittels einer Dampfwinde, die auf dem obersten Deck steht, wird das Tier mit dem Schwanzende voran durch den Tunnel auf das Deck gezogen. Tunnel und Tor und das ganze Vorderschiff sind mit Rücksicht auf Eispressungen stark gebaut worden.

Die Versuche, den Wal zwecks leichteren und schnelleren Zerlegens aus dem Wasser zu bringen, erstreckten sich zuerst darauf, dies mit an den Bordseiten angebrachten Plattformen oder Schwimmkörpern zu bewerkstelligen. Ein anderes Verfahren sah dagegen vor, den längsseit liegenden Körper mit Tauen und Ketten, die netzartig miteinander verbunden waren, an Bord zu rollen. Schließlich führten die Erfahrungen nach mancherlei Fehlkonstru[illegible]

geneigte Ebene

RZ65Z2u3

Abb. 4 Geneigte Ebene im Heck des Stationsschiffes „N. T. Nielsen-Alonso“

Abb. 3 Bugtunnel und Tor des Stationsschiffes „C. A. Larsen“

[1]) 7. Oktober 1926, S. 5.

nen dazu, im Heck eine von Deck bis zum Wasserspiegel ichende geneigte Ebene zu bauen, mit der die Stationshiffe „Lancing" und „N. T. Nielsen-Alonso" versehen sind, bb. 4. Die neueren Patente auf diesem nicht alltäglichen biet sind recht beachtenswert, sehen aber kostspieligere hiffskonstruktionen vor, als sie bei den hier genannten ei Schiffen angewendet worden sind.

Wenn der Wal auf dem Deck des „C. A. Larssen" liegt, ird der Speck mit großen Messern gelöst und durch vier oße Rohre nach dem darunter liegenden Raum geworfen, n wo er die verschiedenen Kessel durchwandert und s gereinigtes Öl in die Hauptzellen gelangt. Der tspeckte Körper wird schließlich nach dem hinteren ck gezogen, wo Fleisch und Knochen voneinander geennt werden. Auch diese werden verwertet. In mit ampf betriebenen Mühlen werden sie zerkleinert, alsdann rch Luken nach dem Unterdeckraum geworfen und dort sgekocht. Neun Kranbäume, deren Hebekraft bis zu 30 t trägt, sowie zwei Winden dienen zum Wenden und zur leichterung der Arbeit.

Die Besatzung dieser größten schwimmenden Schlachrei beträgt 250 Mann, sie ist zu vier und sechs Mann ößtenteils auf dem hinteren Hauptdeck in geräumigen und it gelüfteten Kammern untergebracht. Messen und Waschume sind vorhanden. Eine große Küche mit den errderlichen Dampfkochapparaten, Bäckerei, Schlachterei wie Vorratskammern und Kühlräume sind, wie auf großen hiffen üblich, eingebaut. Daneben findet man noch eine hmiede, eine mechanische Werkstatt, eine Zimmermannserkstatt und ein Warenlager, in dem die von aller Welt f lange Zeit abgeschlossene Mannschaft Kleidung und le sonstigen Bedarfsartikel kaufen kann. Arzt, Apotheke d Hospital sind ebenfalls an Bord. Ein abgesonderter aum dient als Pulverkammer für die Harpunenkanonen r Walfänger.

Mittschiffs, unter der Kommandobrücke, sind in Deckusern die Wohnräume und Messen für die Offiziere untergebracht. Das Schiff ist mit neuzeitlichen Einrichtungen für drahtlose Telegraphie, Peilung und Telephonie ausgerüstet, und die drahtlose Station gestattet eine Verbindung vom Südlichen Eismeer nach Europa. Groß ist die Ausrüstung, die das Schiff mitnimmt. Da es durch Eis eingeschlossen werden kann, so nimmt es Mundvorrat, Heizöl und die umfangreichen Ausrüstungen für eine zweijährige Abwesenheit nicht allein für sich, sondern, seinem Zweck als Depotschiff entsprechend, auch noch die Bunkerkohlen und Vorräte für die Fangschiffe mit. Zum Bebunkern dieser Schiffe dient eine elektrisch betriebene Krananlage.

Insgesamt umfaßt die norwegische Flotte 23 Stationsschiffe von 127 000 B.-R.-T. Raumgehalt.

Der Unterhalt und die Ausrüstung derartiger Expeditionen, die obendrein nur einen kleinen Teil des Jahres arbeiten, erfordert einen großen Kapitalaufwand, der sich aber bisher, allen Nachrichten zufolge, ausgezeichnet verzinst und teilweise ganz gewaltige Gewinne eingebracht hat, obschon mancher Expedition nicht immer das nötige Glück beschieden gewesen ist. Allem Anschein nach müssen die Fänge noch immer reichlich und ein Abnehmen auch für die nahe Zukunft wohl nicht zu befürchten sein.

Kiel [M 65] Ing. W. Behrendt

Berichtigungen

Kohlenstaubaufbereitung und Kesselhaus im East-River-Kraftwerk, New York

In Z. Nr. 14 vom 2. April 1927 muß auf S. 464 r. Sp. vorletzter Abs. der letzte Satz richtig lauten: Die Kohlenanlage, zu der ein Lagerplatz für 48 000 t gehört, umfaßt sechs Kohlenstaubmühlen von je 15 t/h Leistung mit Siebsichtern, sowie sechs Abdampftrockner. [N 3]

50 Jahre Blohm & Voß

In Z. Nr. 14 vom 2. April 1927 muß es auf S. 452 in Fußnote 2 richtig heißen: Z. Bd. 70 (1926) S. 818 und 1409. [N 355]

Kleine Mitteilungen

Große amerikanische Lokomotivtender

Die amerikanische Great Northern-Bahn hat bereits it längerer Zeit sechsachsige Tender von 63,6 m³ Wasserum, 22 m³ Ölraum und 145,9 t Dienstgewicht im Betriebe. e hat kürzlich neue sechsachsige Tender, Bauart Vanderlt, für 81,4 m³ Wasser und 21,8 t Kohlen, mit einem Dienstwicht von 165 t beschafft. Der zylindrische Wasserbehälr von 3237 mm lichtem Durchmesser (in Europa ist größs zulässiges Breitenmaß 3150 mm) mit aufgesetztem ohlenkasten ruht auf einem einzigen Stahlformgußrahmen n 13,6 m Länge. Auch die Drehgestellrahmen bestehen s Stahlformguß. Für die Achsschenkel von 165 mm Dmr. d 305 mm Länge wurde ein Flächendruck von 26 bis kg/cm² zugelassen, während in Europa kaum mehr als ,5 kg/cm² üblich sind. Jede Achsbüchse kann allerdings it Wasser gekühlt werden.

Die Tender wurden beschafft, damit man auf den Gergsstrecken in den Rocky Mountains längere Strecken ne Aufenthalt durchfahren kann. („Railway Engineer" d. 48 (1927) S. 101) [N 378 a] M.

itson-Meyer-Lokomotive für Kolumbien

Für die Girardot-Bahn in Kolumbien hat Dewhurst ne Lokomotive entworfen, die von der Firma Kitsoneyer, Leeds, als neueste Bauart hergestellt worden ist. ie Strecke, auf der diese Lokomotive betrieben werden ll, hat 900 mm Spurweite, 1 : 25 Dauersteigungen und m kleinsten Krümmungshalbmesser. Diesen Betriebsverrhältnissen ist die Lokomotive, besonders hinsichtlich der euerung, angepaßt. Kessel, Feuerung, Vorratbehälter d Führerstand ruhen mit ihrem gemeinsamen Rahmen f zwei Maschinendrehgestellen, die ihrerseits Barrenhmen haben. Der Kessel nach der abgeänderten Bauart elpaire hat gewölbte Feuerbüchsdecke, die innere Feuerichse besteht aus Flußeisen. Nach dem üblichen Veremmen sind die Heizrohre elektrisch an die Rohrplatte r Feuerbüchse angeschweißt. Jedes Drehgestell wird einln gebremst. Der Stromerzeuger für die Scheinwerfer, ührerhauslaternen und die Beleuchtung von 10 Wagen istet 2,5 kW. („The Engineer" 1. April 1927 S. 360) [N 378 b] Krs.

Abbruch einer Eisenbahnbrücke in der Schweiz

Infolge der Einführung des elektrischen Betriebes auf r Strecke Winterthur – St. Gallen – Rorschach mußte die 856 fertiggestellte eiserne Brücke über die Sitter bei ruggen abgebrochen und durch eine Steinbrücke ersetzt werden. Die Brücke war 163 m lang und als durchgehender Träger auf fünf Stützen mit den Spannweiten 39,5, 42,0, 42,0, 35,5 m ausgebildet. Die Höhe des Hauptträgers betrug 3,6 m, und die Fahrbahn war leicht eingesattelt, so daß die Hauptträger-Obergurte gleichzeitig als Geländer dienen konnten. Da für den Abbruch die neue Steinbrücke nicht herangezogen werden konnte und bei der lichten Höhe von 60 m über Flußsohle auch von dem Einbau einer Hilfsrüstung abgesehen werden mußte, wurden Überbauten und Pfeiler von Westen nach Osten mittels des freien Auskragverfahrens abgebrochen.

Zum Tragen der jeweils auskragenden Öffnung mit dem vorgeschobenen Abbruchkran mußten die Hauptträger durch eine leicht auswechselbare Rückhaltkonstruktion über dem Stützpunkt der jeweiligen Auskragung verstärkt werden. Beim Abbruch der östlich gelegenen Mittelöffnung mußte man eine künstliche Gegenbelastung von 25 t auf dem östlichen Widerlager durch Schienen und Ausbauteile schaffen. Am schwierigsten war der Abbruch der östlichen Endöffnung, wo die Verankerung in das ziemlich morsche Mauerwerk der Anschlußgewölbe einzubauen war.

Die größten Durchbiegungen des freien Kragarmes einer Brückenöffnung betrugen jeweils 132 bis 153 mm. Der Überbau wurde mittels Gasschneidbrenner mit zwei Heizdüsen und acht Sauerstoffdüsen, die gußeisernen Pfeiler im oberen Teil mit besonderen Schneidbrennern abgeschnitten, während die Gußrahmen in den unteren Teilen nach Abbrennen der Verbindungsschrauben und Abdrehen aus den Verkeilbahnen abgehoben werden konnten. („Schweizerische Bauzeitung" 16. April 1927 S. 214*) [N 378 d] Sd.

Elektrische Reinigung für Kohlenstaub in Amerika

In dem Trenton-Kanal-Kraftwerk der Detroit Edison Co. ist ein Teil einer sehr großen elektrischen Entstaubungsanlage in Betrieb genommen worden. Die endgültige Fertigstellung ist noch im Laufe dieses Jahres zu erwarten. Von den neun Elektrofiltern arbeiten bereits zwei. Der zur Verfügung stehende einphasige Wechselstrom von 220 V Spannung und 60 Per./s wird in 18 Transformatoren, deren Leistung je 25 kVA beträgt, uf 75 000 V Spannung gebracht; er geht dann durch mechanische Gleichrichter, die durch Synchronmotoren angetrieben werden. Der Aschenstaub setzt sich an parallel geschalteten Platten ab, rieselt herab und wird in bestimmten Zeitabständen durch mechanische Vorrichtungen entfernt. („Power" 15. März 1927 S. 424) [N 378 c] Pt.

Fahrbares elektrisch angetriebenes Formsandsieb

Für das Sieben von Formsand in Gießereien ist von der Firma Adaptable Moulding Machine Co., Birmingham, ein fahrbares elektrisch angetriebenes Formsandsieb hergestellt worden. Das Sieb ist in einem Rahmen eingebaut, der auf zwei Federstützen ruht. Diese sind auf den nach unten gekröpften Deichselarmen eines zweirädrigen Karrens befestigt. Die Rüttelbewegung wird durch eine federnde Exzenterstange erzeugt; diese ist an einer Scheibe befestigt, die durch einen ¼ PS leistenden Elektromotor angetrieben wird. Der Elektromotor und die Spule sind staubdicht durch Gehäuse abgeschlossen und auf der Plattform des Karrens gelagert. Die Scheibe macht 120 Uml./min. („Engineering" 15. April 1927 S. 453) [N 378 e] Gw.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Schleudergebläse. Berechnung und Konstruktion. Von Hans Rudolf Karg. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 128 S. m. 49 Abb. Preis 9 *M*.

Der Verfasser beabsichtigt, für den in der Praxis stehenden Ventilatorkonstrukteur ein auf wissenschaftlicher Grundlage stehendes Handbuch zu schaffen, das alles Erforderliche in einer möglichst einfachen, für den unmittelbaren Gebrauch geeigneten Form zusammenfaßt. Das Ziel des Verfassers, für jeden Einzelfall ein passendes Gebläse zu bauen, fordert starken Widerspruch heraus. Nur bei großen Grubenventilatoren, bei denen 1 vH Wirkungsgrad eine wesentliche Ersparnis bedeutet, behält der Einzelbau für jeden Bedarfsfall seine Berechtigung.

Unleugbar besitzt der Verfasser reichhaltige praktische Erfahrungen. Jedoch ist die wissenschaftliche Grundlage, die gerade hier von besonderer Wichtigkeit ist, weil ein Leserkreis mit Mittelschulbildung an klare Begriffsbildung gewöhnt werden muß, leider vielfach als mangelhaft zu bezeichnen. Zunächst sind schon die Dimensionsangaben häufig falsch. Die Arbeit wird in m/kg, Dreh- und Biegungsmomente in kg/cm, Widerstandsmomente in kg/ccm, Winkelgeschwindigkeiten in m/s usw. angegeben. Den Begriff „gleichwertiger Durchmesser" benutzt der Verfasser irrtümlicherweise dazu, um die in rechteckigen Luftkanälen geförderte Luftmenge zu errechnen; während in der Tat die Gleichwertigkeit auf der Grundlage des Verhältnisses $\frac{U}{F}$ ausschließlich in dem Reibungsverlust je Längeneinheit besteht. Die auf diesem Irrtum beruhende Berechnung der Schaufelkanäle ist daher völlig verfehlt.

Der Verfasser spricht wiederholt von Ventilatorreihen und gibt selbst Beispiele solcher Reihen für Nieder-, Mittel- und Hochdruck-Ventilatoren, ohne nur ein einziges Mal den Begriff „Ventilatorreihe" wirklich klarzustellen. Will man für alle Modelle einer Reihe eine „übereinstimmende Charakteristik" erzielen, wie sie am deutlichsten in dem Artschaubild zum Ausdruck gelangt, so müßten sämtliche Modelle, abgesehen von den Wanddicken, geometrisch ähnlich sein. Bei den vom Verfasser (S. 9) gegebenen Beispielen ist die geometrische Ähnlichkeit jedoch durchaus nicht gewahrt; denn das Verhältnis von Flügeldurchmesser zur Saugöffnung ändert sich bei der Niederdruckreihe von 1,67 bis 1,50, bei der Hochdruckreihe von 2,5 bis 2,0. Der Standpunkt des Verfassers, der die fliegende Anordnung des Flügelrades auf dem Motorwellenstumpf als „verwerflich" bezeichnet, muß als sehr einseitig bezeichnet werden.

Abgesehen von der Ausmerzung mancher Druckfehler bedarf das Buch jedenfalls bei einer weiteren Auflage einer erheblichen Umarbeitung, wenn es den erstrebten Zweck angenähert erreichen soll.

[E 179] M. Berlowitz

Lehrbuch der Elektrodynamik. Von J. Frenkel. 1. Bd.: Allgemeine Mechanik der Elektrizität. Berlin 1926, Julius Springer. 365 S. m. 39 Abb. Preis 29,70 *M*.

Der vorliegende erste Band behandelt in der Einleitung die Grundzüge der Vektor- und Tensorrechnung, in je einem Abschnitt die von der Zeit unabhängigen und die von der Zeit abhängigen elektromagnetischen Wirkungen und in einem weiteren Abschnitt die Relativitätstheorie.

Man kann zwei Klassen von Lehrbüchern der theoretischen Physik unterscheiden. Die eine Klasse bezweckt eine möglichst einfache mathematische Darstellung der bekannten Tatsachen und ihrer Folgen. Ein Buch dieser Art schlägt man auf, wenn man bei Messungen oder andern experimentellen Arbeiten eine Formel oder Zahlenangabe braucht. Für die zweite Klasse ist die Theorie und ihre mathematische Darstellung Selbstzweck. Ein solches Buch schlägt man nicht auf, wenn man irgendeine Formel wissen will, schon deshalb nicht, weil man aus dem wenig ausführlichen Sachregister nicht entnehmen kann, wo man sie suchen soll, und weil man sie auf dem Platze, wo sie stehen sollte, wahrscheinlich nicht findet. Ein solches Buch studiert man aber, wenn man von einem höheren Standort einen Überblick über das Gesamtgebiet und seine Zusammenhänge bekommen will.

Zu der letzteren Klasse von Lehrbüchern gehört das vorliegende. Es ist kein Hilfsbuch für den Experimentalphysiker oder Elektrotechniker, aber ein Buch, dessen Studium ich dem theoretisch interessierten und mathematisch gut geschulten Physiker und Elektrotechniker sehr empfehlen möchte. Es behandelt den Gegenstand in durchaus moderner und origineller Weise; aber die Darstellung ist nicht einfach. Hervorheben möchte ich als mich besonders angenehm berührend, daß die Beziehungen nicht nur mathematisch abgeleitet, sondern auch physikalisch eingehend gedeutet werden.

Nach dem Vorwort soll der zweite Band die „elektromagnetischen und optischen Eigenschaften der materiellen Körper" „von einem makroskopischen Gesichtspunkt" und der dritte Band die „mikroskopische Elektrodynamik der einfachsten materiellen Systeme — Atome und Moleküle" behandeln. [E 224] J. Zenneck

Teubners techn. Leitfäden. 24. Bd.: **Die elektrischen Maschinen.** Von M. Liwschitz. Leipzig u. Berlin 1926, B. G. Teubner. 336 S. m. 284 Abb. Preis 14 *M*.

In seinem Buche „Die elektrischen Maschinen" stellt sich der Verfasser die Aufgabe, Studierenden oder angehenden Ingenieuren eine Grundlage für das tiefere Eindringen in die Theorie dieses Gebietes zu geben. Er beginnt sein Werk mit den Grundgesetzen der elektromagnetischen Verkettung und der Theorie des magnetischen Schließungskreises, behandelt dann den Transformator, anschließend daran die mit dem Transformator sehr verwandte Asynchronmaschine und geht dann zu deren Sonderfall, der Synchronmaschine, über. Schließlich untersucht er die verschiedenen Gattungen der Gleichstrommaschine, dann den Einankerumformer und die Wechselstrom-Kommutatormaschine.

Anordnung und Ausdruck entsprechen der gestellten Aufgabe. Das Buch wird dem Anfänger eine leichtfaßliche Einführung sein; es kann aber auch älteren Praktikern als brauchbares Nachschlagewerk durchaus empfohlen werden, da langwierige mathematische Ableitungen vermieden sind.

[E 186] E. U.

Forschungsarbeiten a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens, 284. H.: **Berechnung der Wasserspiegellage.** Von Paul Böß. Berlin 1927, VDI-Verlag. 96 S. m. 48 Abb. Preis 7,50 *M*.

Der erste Teil der Arbeit[1]) behandelt die stationären und der zweite die nichtstationären Bewegungen. Die stationären sind unabhängig von der Zeit, bei ihnen wird, je nachdem die Wassergeschwindigkeit unter- oder oberhalb der Wellengeschwindigkeit liegt, zwischen Strömen und Schießen unterschieden. Die stationären Bewegungen kann man weiter je nach dem Abfluß in gleichförmige, beschleunigte und verzögerte unterteilen. Zu den nichtstationären Bewegungen gehören in erster Linie die Schwellbildungen. Es wird gezeigt, wie und wieweit sich die einzelnen Bewegungen berechnen lassen. Die Ergebnisse werden durch Modellaufnahmen nachgeprüft. [E 211]

Chemie und Technik der Gegenwart. Herausgeg. v. Walter Roth. 6. Bd.: **Die Kunstseide.** Von V. Hottenroth. Leipzig 1926, S. Hirzel. 492 S. m. 97 Abb. Preis 28 *M*.

Ein zusammenfassender Überblick über den derzeitigen Stand der gesamten Kunstseidenindustrie und eine Beschreibung der geschichtlichen Entwicklung werden gegeben. Die chemischen und mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Rohstoffe werden erläutert. Der Kollodiumseide (Chardonnetseide), Kupferseide, Viskoseseide und Azetatseide ist ein ganzer Teil des Buches gewidmet, der sowohl dem chemischen wie textiltechnischen Vorgang Rechnung trägt. In dem Kapitel über Spinnmaschinen wäre allerdings eine eingehende Besprechung der verschiedenen Antriebarten für den Spinntopf empfehlenswert gewesen. Bei den zur Verfügung stehenden Quellen und den reichen Erfahrungen des Verfassers hätten die Vor- und Nachteile der gekuppelten

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 484.

chneckenradantriebe, der Reibrad-, Wasserturbinen- und lektroantriebe in das in Frage kommende Kapitel eingeochten werden können. Die Klärung dieser Frage ist sohl für alte wie für neue Kunstseidenfabriken von einschneiender Bedeutung. Die verschiedenen in Gebrauch befindchen Verfahren des Spinnens und die benutzten Einrichingen sind ausführlich behandelt. Wenn auch nicht alle euzeitlichen Spinnmaschinen berücksichtigt sind, so ist benders dieses Kapitel durch eine Anzahl klarer und verändlicher Abbildungen ergänzt. Ganz im Gegensatz dazu t das Kapitel „Herstellung der Viskose" behandelt. Man ermißt hier nähere Angaben über die Sodalaugenbereitung, e Anlage der Viskosekessel, die Sulfidiereinrichtung und e Lösekessel (Mixer). Zweckmäßige Abbildungen in diesem apitel hätten den Wert des Buches noch erhöht. [E 188]

Wurtz

andbuch der Zementwaren- und Kunststeinindustrie. Von E. Probst. 3. Aufl. Halle a. d. S. 1927, Carl Marhold. 865 S. m. 270 Abb. u. 154 Taf. u. Tab. Preis 24,50 M.

Die vorliegende dritte Auflage des umfangreichen Handıches erfüllt seine Aufgabe, zumal da es übersichtlich ge:dnet ist und sich den neuesten Fortschritten anpaßt. Die ste Auflage erschien 1919. Seitdem ist das Buch entspreıend der Änderung der Marktlage, den Bestrebungen im auwesen und den Normungsarbeiten ergänzt und durch nige Abschnitte über Betonwerke, Ausbildung der Fachute, Straßenbau und anderes erweitert worden. Es gibt ne Übersicht über die Baustoffe, behandelt eingehend ihre erarbeitung, die Herstellung von Betonwerksteinen und unststeinen und ihre Verwendung.

Die sorgfältige Wahl von Bezeichnungen ist zu beüßen. Es dürfte aber auch hier zu empfehlen sein, als rundlage einheitlicher Bezeichnungen die einwandfreien issenschaftlichen Festlegungen zu benutzen. Man kann cht gut Neuschöpfungen als „Kunststeine" und Nachımungen der natürlichen Gesteine als „künstliche Geeine" bezeichnen.

An manchen Stellen vermißt man Angaben über Schriftm und Quellen. Ohne diese sind die in Tafeln gegebenen erte und andre Zahlen nicht immer zu beurteilen. Sehr ertvoll sind die vielen Beispiele für statische Berechnunn und Kostenberechnungen, die das inhaltreiche Handich zu einem sehr brauchbaren Nachschlagewerk machen. [E 194]

De.

ie Drahtseile, ihre Konstruktion und Herstellung. Von Hermann Altpeter. Halle a. d. S. 1926, Martin Boerner. 75 S. m. 35 Abb. Preis 3 M.

Das Buch stellt einen kurzen Abriß des bei Konstrukon, Herstellung und Gebrauch von Seilen erforderlichen aktischen Wissens dar und enthält eine Summe von Erhrungen und Winken, die beim Aufbau und der Beaufchtigung von Seilanlagen von Nutzen sind. Es kann her jedem Praktiker nur empfohlen werden. Erwünscht ewesen wären umfassendere Hinweise auf die einschlägige teratur und kurze Angaben über die Herstellung der Drähte ıd ihre durch den Ziehvorgang usw. bedingten besonren Eigenschaften. Die Abschnitte über „Konstruktion" ıd „praktische Herstellung der Seile" lassen in der Behreibung der Maschinen bisweilen die Erläuterung der orgänge des Verspinnens und Verseilens der Drähte durch persichtliche Abbildungen vermissen. Die „Seilberechıng" aus der Zugfestigkeit der Drähte unter Einführung ner den besonderen Betriebsverhältnissen gerecht wernden Sicherheitszahl entspricht der bisherigen Praxis (s. „Leitsätze für die Seilfahrt im preußischen Bergbau") ıd stellt eine gute Übersicht über den gegenwärtigen and der Berechnung und Prüfung von Seilen dar. Eraunlich ist es, daß der Widerstand der Drähte gegen Erüdung bei der wechselnden Zug- und Biegebeanspruchung sher außer acht gelassen wird. Hin- und Herbiegeverche im Tornogrocki-Gerät sind bekanntlich vorwiegend ihigkeitsprüfungen. Der Widerstand gegen Ermüdung tritt ngegen nur bei der Biegung um große Rollen richtig die Erscheinung. Daß hauptsächlich die Ermüdung und eniger die Zähigkeit des Stoffes bei der Zerstörung der ile maßgeblich ist, lassen die im Betrieb auftretenden rahtbrüche deutlich erkennen. An der Bruchstelle zeigt ch fast stets keine Einschnürung. [E 225]

H. Sieglerschmidt

er elektrische Unfall. Von Stefan Jellinek. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. 170 S. m. 49 Abb. Preis 7,20 M.

Das Buch behandelt sowohl die technische als auch die edizinische Seite des Unfalls durch elektrischen Strom. er Verfasser tritt von vornherein der Irrlehre entgegen, ß die Gefahrengröße durch Spannung, Stromstärke oder andre physikalische Größen zahlenmäßig bestimmt werden könnte. Eine Reihe kennzeichnender Unfallbeispiele beweist, daß persönliche und örtliche Bedingungen so wechselnd sind, daß keinerlei Norm aufgestellt werden kann. In technischer Hinsicht sind wichtig die Kritik, die der Verfasser an den Schutzvorschriften und ihrer Befolgung übt, die Mitteilung der weniger bekannten Gefahrenquellen, z. B. der Röntgen- und Rundfunkeinrichtungen, sowie Vorschläge für Verbesserung der in Betrieben und im Haushalt verwendeten Lampen und Geräte.

Mit besonderem Nachdruck betont der Verfasser, daß der Tod durch Elektrizität selten sofort eintritt, sondern daß es sich in den meisten Fällen um einen Stillstand der Herz- und Atemtätigkeit handelt, die durch geeignete Wiederbelebung wieder erweckt werden kann. Er befürwortet praktische Ausbildung von „Elektrorettern" in allen in Frage kommenden Betrieben und die Bereithaltung eines näher beschriebenen Rettungsgerätekastens. Das Buch ist den Leitern von Betrieben und Unfallstationen warm zu empfehlen. [E 173]

E. Klapper

Das deutsche Schiedsgerichtsverfahren. Von Ernst Richter. Berlin 1927, VDI-Verlag. 115 S. Preis 3 M.

Endlich ist dem deutschen Büchermarkt über das deutsche Schiedsgerichtsverfahren ein Buch beschert, das die Vorzüge einer kurzen und doch umfassenden Darstellung mit der größten Preiswürdigkeit vereint!

Die Arbeit Richters ist letzten Endes zurückzuführen auf einen Vortrag, den er im vergangenen Jahr auf der Hauptversammlung des Deutschen Ausschusses für das Schiedsgerichtswesen gehalten hat. Seine überzeugend wirkenden Ausführungen umfassen alle Einzelheiten des schiedsgerichtlichen Verfahrens vom Schiedsgerichtsvertrag an bis zur Vollstreckung, Zustellung und Hinterlegung des Schiedsgerichtsurteils. Selbstverständlich sind auch die entsprechenden Vorschriften der Zivilprozeßordnung dem Buch beigefügt, das auch an geeigneter Stelle eine Reihe von Beispielen oder diesen ähnliche Hinweise für die Abfassung von Schriftstücken usw. enthält.

Von besonderem Wert ist das Werk, weil der Verfasser es gewissermaßen mit seiner Seele geschrieben hat. Obwohl Richter Jurist ist und gerade deshalb auch die Schwächen eines schiedsgerichtlichen Verfahrens kennt, ist er von der hohen kulturellen Bedeutung dieser Einrichtung überzeugt. Ist doch das Schiedsgerichtsverfahren gegenüber dem Verfahren vor dem ordentlichen Gericht in ganz besonderem Maße geeignet, dem Volke sein Recht näherzubringen. Hier steht nicht der Laie vor dem Juristen, sondern hier spricht der Sachverständige zum Sachverständigen. Die Stärke des Schiedsgerichtsverfahrens liege vor allem darin, daß es die Möglichkeit biete, für die einzelne Sache den besonders geeigneten Urteiler zu finden.

Überall da, wo es sich weniger um die Lösung schwieriger Rechtsfragen handelt als um einen Ausgleich wirtschaftlicher, technischer und kaufmännischer Anschauungen, wird das Schiedsgericht eine nützliche Rolle spielen können, zumal es dem Staatsgericht durch Schnelligkeit, erhebliche Kostenersparnis und Anpassungsfähigkeit überlegen ist. Staatsgericht und Schiedsgericht sollten deshalb friedlich nebeneinander bestehen.

Das aus der Praxis für die Praxis geschriebene Büchlein, dem wir weiteste Verbreitung in allen Kreisen des deutschen Volkes wünschen, schließt mit dem treffenden Wort:

„Nichts in der Welt ist so gut, daß es die freie Selbsttätigkeit der Staatsbürger in den Geschäften des Staates ersetzen könnte." [E 244]

Dr. Freitag

Forschungsarbeit. Festgabe **Carl von Bach** zum 80. Geburtstag. Berlin 1927, VDI-Verlag. 95 S. m. 179 Abb. u. 1 Bildnis. Preis 14 M.

Der Schiffsmaschinenbau. 2. Bd. Von G. Bauer. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 630 S. m. 500 Abb. Preis 58 M.

Theorie der Brennkraftmaschinen und deren Brennstoffe vom Standpunkte der chemischen Gleichgewichtslehre. Von Markus Brutzkus. Halle a. d. S. 1926, Wilhelm Knapp. 62 S. m. 11 Abb. Preis 3,80 M.

Das deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart. Herausgeg. von Geh. Rat Hoff, Staatssekretär Kumbier und Dr.-Ing. Anger. 3. Ausg. Stand vom Jahre 1926. Berlin 1927, Reimar Robbing. 577 S. m. Abb., davon 240 S. Text. Preis 30 M.

Lebende Bücher. Herausgeg. von Adalbert Deckert. **Postbetriebsmechanik.** Von Hans Schwaighofer. 1. u. 2. Bd. 1. Bd.: 428 S. m. 181 Abb. 2. Bd.: 38 S. m. 275 Abb. Wittenberg 1927, A. Ziemsen. Preis zus. 25 M.

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES

66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg, 28. bis 30. Mai 1927

Das Programm der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure ist in Z. Nr. 13 vom 26. März 1927 S. 435 veröffentlicht. Zur Ergänzung, insbesondere über den wissenschaftlichen Teil, sei hier noch folgendes mitgeteilt.

Die wissenschaftlichen Verhandlungen

beginnen Sonntag, den 29. Mai 1927, vormittag 10 Uhr, im Musensaal des Rosengartens. Hierbei wird Prof. Dr.-Ing. Heidebroek, Darmstadt, über „Technische Pionierleistungen als Träger industriellen Fortschritts" sowie Ministerialrat Dr. Kruckow, Berlin, über „Neuzeitliche technische Entwicklung der Deutschen Reichspost" sprechen.

Fachsitzungen

Sonnabend, den 28. Mai 1927, finden die Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen und zwei Fachsitzungen statt. In der

Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen,

vormittag 9 Uhr im Vortragsaal der Kunsthalle, wird Ministerialrat Dr.-Ing. Ellerbeck, Berlin, über „Entwurf 1926 für das Schiffshebewerk Niederfinow" vortragen. Hierauf folgt ein Vortrag von Oberreg.-Baurat Dr.-Ing. Schächterle, Stuttgart, „Die Entwicklung der deutschen Brückenbautechnik in den letzten Jahren" sowie ein weiterer Vortrag von Strombaudirektor Konz, Stuttgart, „Die Neckarkanalisierung".

Die Fachsitzung

Verbrennungsmotoren,

vormittag 9 Uhr, in der Aula des Realgymnasiums, wird eingeleitet durch einen Bericht von Prof. Dr.-Ing. Stribeck, Stuttgart, über „Versuche auf dem Gebiete der schnellaufenden Dieselmotoren". Sodann werden Prof. Dr.-Ing. Neumann, Hannover, über den „Arbeitsprozeß der raschlaufenden Dieselmaschine, Versuchsergebnisse am Dorner-Motor", Dr.-Ing. L. Richter, Wien, über „Probleme der Zündermotoren für flüssige Brennstoffe" und Prof. Langer, Aachen, über das Thema „Kritische Betrachtungen über Wertungen von Verbrennungsmotoren" sprechen.

Die Fachsitzung

Anstrichtechnik

wird nachmittag 2 Uhr im Vortragsaal der Kunsthalle abgehalten. Der erste Vortrag, von Dr.-Ing. Nettmann, Köln, behandelt das Thema „Welche Aufgaben erwachsen dem Ingenieur durch die Entwicklung der Anstrichtechnik?"; Dr. phil. Schulz, Kirchmöser, wird über „Schnellprüfung von Anstrichstoffen" und Prof. Dr. phil. Maaß, Berlin, über „Eisenschutz durch Anstrich" vortragen.

Montag, den 30. Mai 1927, finden drei Fachsitzungen statt. In der vormittag 8½ Uhr beginnenden Fachsitzung

Dampftechnik

im Vortragsaal der Kunsthalle werden Prof. Dr.-Ing. E. h. Eberle, Darmstadt, über „Kupplung von Kraft- und Heizwerken", Prof. Dr. Thum, Darmstadt, über „Werkstoffe im Dampfturbinenbau" und Obering. Stein, Berlin, über „Selbsttätige Feuerungsregelung" sprechen. Die Fachsitzung wird nachmittag 3 Uhr mit einem Vortrag von Dr.-Ing. Münzinger, Berlin, über „Dampfkessel für Großkraftwerke mit besonderer Berücksichtigung des Großkraftwerkes Rummelsburg" fortgesetzt.

Vormittag 9 Uhr findet ferner im Versammlungssaal des Rosengartens die Fachsitzung

Ausbildungswesen

statt. Hier werden Geh. Baurat Dr.-Ing. E. h. Lippart, München, über „Praktikantenausbildung im industriellen Werk" und Prof. Dr.-Ing. E. h. Matschoß, Berlin, über „Die Bedeutung der Ingenieurtätigkeit für die Gütererzeugung außerhalb der Maschinenindustrie" sprechen. Zu dem letzten Thema sind Einzelvorträge über „Textilwirtschaft" von Dipl.-Ing. Werckshagen, Hersfeld, über „Bauwirtschaft" von Dr.-Ing. Garbotz, Berlin, und über „Möbel- und chemische Industrie" von Privatdozent Dr.-Ing. Bramesfeld, Darmstadt, in Aussicht genommen.

Die Fachsitzung

Betriebstechnik

wird nachmittag 2 Uhr im Versammlungssaal des Rosengartens abgehalten. Hier werden Oberförster Hausendorff, Grimnitz, über „Holz als Werkstoff", Obering. Müller, Spandau, über „Arbeitsvorbereitung und Betriebsmittel der Holzbearbeitung" und Oberreg.- und Baurat Bardtke, Wittenberge, über „Massenherstellung von Holzersatzteilen in Eisenbahnwerkstätten" vortragen.

Am Montag, dem 30. Mai, finden zahlreiche Besichtigungen in Mannheim und Umgebung statt.

Weitere Einzelheiten, insbesondere über die Bestellungen von Teilnehmerkarten und Wohnungen, sind aus der Veröffentlichung in den VDI-Nachrichten Nr. 14 vom 6. April 1927 zu ersehen. [V 384]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 7. MAI 1927 NR. 19

Luftfahrt

Deutsche Verkehrsflugzeuge

Von Dipl.-Ing. E. Gossow, Berlin

Entwicklung des deutschen Luftverkehrs. Die Verkehrsflugzeuge von Albatros, Focke-Wulf, Fokker-Grulich, Udet, der Luftfahrzeug-G. m. b. H., Dornier, Junkers und Rohrbach.

Entwicklung des deutschen Luftverkehrs

Zu den bisherigen Hauptverkehrsträgern: dem Schiff, der Eisenbahn und dem Kraftwagen, ist wegen seiner hohen Geschwindigkeit das Flugzeug hinzu-kommen. In Deutschland wurde das Flugzeug erstmalig ährend des Krieges in den Dienst des Verkehrs gestellt. uf den Strecken Berlin–Hannover–Köln und im Osten on Riga über Kowno–Brest-Litowsk–Kiew nach Sebasto-ol übermittelten Flugzeuge militärische Nachrichten und förderten Post. Nach Beendigung des Krieges diente e von der 1917 gegründeten Deutschen Luftreederei am Februar 1919 eröffnete erste Luftverkehrstrecke Ber-n–Weimar der in Weimar tagenden deutschen National-rsammlung zur Vermittlung wichtiger politischer Nach-chten. Viele kleine Unternehmen für den Luftverkehr urden dann gegründet und weitere Linien eingerichtet, wobei die Gesellschaften auf mehreren Strecken nebeneinander fliegen ließen. Ein einheitliches Streckennetz bestand nicht. Die deutsche Flugzeugindustrie schuf neue Verkehrsflugzeuge, die betriebsicher und bequem eingerichtet waren. Das Ganzmetall-Flugzeug wurde in den Luftverkehr eingesetzt. Bemerkenswert ist, daß das Kabinenflugzeug mit der Zulassungsnummer 1 als Verkehrsflugzeug (Bauart Junkers F 13) noch heute im regelmäßigen Verkehr fliegt.

Deutschlands geographische Lage im Herzen Europas führte bereits im Jahre 1919 dazu, daß sich im Haag je eine deutsche, Danziger, dänische, englische, schwedische, finnische und holländische Gesellschaft in der International Air Traffic Association (JATA) zu einer Interessengemeinschaft zusammenschlossen, um einander völlig gleichberechtigt auf zwischenstaatlichen Strecken Luftverkehr zu be-

Abb. 1
Das Streckennetz 1927 der Deutschen Luft-Hansa A.-G.

RZ 217 Z 1

Abb. 3
Innenraum des Komet II der Firma Dornier-Metallbauten, G. m. b. H.

Abb. 2
Innenraum des Baumusters L 73 der Albatros-Flugzeugwerke, G. m. b. H.

Abb. 2 bis 5. Fluggasträum[e]

treiben. Heute gehören dieser Interessengemeinschaft Gesellschaften fast aller europäischen Staaten an. Der erste Erfolg internationaler Zusammenarbeit bildete der im gleichen Jahr eingerichtete Europa-Nord-West-Flug auf der Strecke Kopenhagen–Hamburg–Bremen–Amsterdam–London. Die Linie besteht heute noch.

Schwer getroffen wurde jedoch der deutsche Luftverkehr und der weitere Ausbau eines völkerverbindenden zwischenstaatlichen Luftverkehrs durch das Londoner Ultimatum vom Mai 1921. Die Geschwindigkeit der deutschen Flugzeuge wurde auf 170 km/h, die Steighöhe auf 4000 m und die Nutzlast auf 600 kg festgelegt. Das von Rohrbach konstruierte, in den Zeppelinwerken, Staaken, erbaute 1000 PS-Verkehrsflugzeug[1]) mußte zerstört werden, das von Prof. Junkers entworfene Großflugzeug[2]) durfte nicht gebaut werden. Die technische Entwicklun[g] im Flugzeugbau, ferner der Umstand, daß Deutschlan[d] seine Grenzen für ausländische Flugzeuge sperrte, di[e] nicht in den Rahmen der Londoner „Begriffsbestimmungen" eingeordnet werden konnten, außerdem daß ein zwischen

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 591.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1041.

Zahlentafel 2. Konstruktionszahle[n]

Hersteller	Bauart	Motor	Leistung PS	Spannweite m	Länge m	Flügelfläche m²
Albatros-Flugzeugwerke, G. m. b. H., Berlin-Johannisthal	L 58, Abb. 6	Maybach MB IV	260	18	10,9	44,5
	L 73, Abb. 7 bis 10	BMW IV	2 × 240	19,7	14,6	92
Focke-Wulf-Flugzeugbau, A.-G., Bremen	A 16 c, Abb. 11	Siemens & Halske Sh 12	100	14	8,5	27
	A 16 a	Mercedes D 1	100	14	9,1	27
		Junkers L 1	75			
	GL 18, Abb. 12 bis 15	Junkers „	2 × 75	16	8,8	34,5
		Siemens & Halske Sh 12	2 × 100			
Deutscher Aero-Lloyd, A.-G., Berlin-Staaken, und Albatros-Flugzeugwerke, G. m. b. H., Berlin-Johannisthal	Fokker-Grulich F 2, Abb. 16	BMW IV	230	17,1	11,5	44,27
Deutscher Aero-Lloyd, A.-G., Berlin-Staaken	Fokker-Grulich F 3	„	230	17,6	11,1	45,15
	Grulich V 1, Abb. 17 bis 19	Rolls-Royce Eagle VIII	360	19,5	12,3	52
Udet-Fahrzeugbau, G. m. b. H., München-Ramersdorf *)	U 8, Abb. 20	Siemens & Halske Sh 12	100	12	7,12	18
	U 8 b	„ „ „	100	14,2	7,12	25
	U 11, Abb. 21 bis 24	„ „ „	4 × 100	22	15,5	70
Luftfahrzeug-Gesellschaft m. b. H., Stralsund	LFGV 13, Abb. 25	BMW IV	230	17,5	10,9	70
	LFGV 130, Abb. 26	„ „	230	17,5	10,3	70
	LFGV 59, Abb. 27	„ „	230	19	11,4	52
Dornier-Metallbauten, G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.	Komet II, Abb. 28	BMW III a	185	17	10,2	49
	Komet III, Abb. 29	Rolls-Royce Eagle IX	360	19,6	12,3	62
	Merkur, Abb. 30 bis 33	BMW VI	500	19,6	12,4	62
	Wal, Abb. 34 bis 37	Rolls-Royce Eagle IX	2 × 360	22,5	17,2	96
Junkers-Flugzeugwerk, A.-G., Dessau	F 13 L, Abb. 38	Junkers L 2	220	17,75	9,6	40
	F 13 W, Abb. 39	„ „	220	17,75	10,15	40
	G 24 L, Abb. 40 bis 43	„ L 5	3 × 310	28,5	15,23	89
	G 24 W, Abb. 44	„ „	3 × 310	28,5	15,23	89
Rohrbach-Metall-Flugzeugbau-G. m. b. H., Berlin	Ro VIII, Roland, Abb. 45 bis 48	BMW IV	3 × 230	26	16,3	88

*) Jetzt Bayerische Flugzeugwerke, A.-G., Augsburg.

Abb. 4
Innenraum des Rohrbach-Roland-Flugzeuges

deutscher Verkehrsflugzeuge

staatlicher Luftverkehr ohne Deutschland nicht möglich ist, all diese Gründe führten im Mai 1926 zur Aufhebung der Begriffsbestimmungen.

Aus den vielen kleinen Luftverkehrsunternehmungen in Deutschland, die sich trotz staatlicher Unterstützungen infolge der schlechten wirtschaftlichen Lage als nicht lebensfähig erweisen mußten, bildete sich Anfang 1923 durch Zusammenschluß fast aller dieser Gesellschaften der

der Verkehrsflugzeuge

Flächenbelastung kg/m²	Leistungsbelastung kg/PS	Leergewicht t	Zuladung t	Gesamtgewicht t	Geschwindigkeit km/h	Landegeschwindigkeit km/h	Zahl der Fluggäste
50,5	8,6	1,37	0,88	2,25	150	80	5
50	9,6	2,9	1,7	4,6	150	95	8
37	10	0,6	0,4	1	150	—	3
44	{12 / 16}	0,76	0,44	1,2	145	—	3
42	{9,7 / 7,2}	0,925	0,525	1,45	145	—	3
50	9,6	1,4	0,8	2,2	130	—	4
48,7	9,6	1,4	0,8	2,2	130	—	5
60	8,7	2	1,12	3,12	175	80	6
48	8,6	0,49	0,37	0,86	150	—	3
41,2	10,3	0,63	0,4	1,03	145	70	3
64,4	11,2	3,3	1,2	4,5	156	—	8
30	9,3	1,46	0,67	2,13	135	70	4
30	9,1	1,4	0,7	2,1	135	70	4
42	9,6	1,43	0,77	2,2	150	70	4
41,8	11	1,3	0,75	2,05	130	—	4
56,4	9,7	2	1,5	3,5	150	—	6
63	8,7	2,2	1,7	3,9	190	—	8
70	9,3	3,7	3	6,7	180	85	10
46,3	8,4	1,15	0,7	1,85	180	90	4
51	9,3	1,35	0,7	2,05	180	90	4
67	6,4	3,6	2,4	6	200	105	9
71	6,8	3,9	2,4	6,3	200	105	9
71	9,1	4,1	2,15	6,25	195	100	10

Abb. 5
Innenraum des Baumusters G 24 der Firma Junkers-Flugzeugwerk, A.-G.

Zahlentafel 1
Entwicklung des deutschen Luftverkehrs 1923 bis 1926

	Jahres-Flugstrecke Mill. km	Mittlere Tages-Flugstrecke km	befördert wurden			Regelmäßigkeit vH
			Personen	Güter	Post	
1923	0,7	10 000	8 500	39	5	84,0
1924	1,58	15 000	13 500	71	22	84,4
1925	5,0	35 000	55 000	521	287	89,7
1926[3]	6,14	37 222	56 268	641	301	—

Deutsche Aero-Lloyd. Gleichzeitig wurde die Junkers-Luftverkehr-A.-G. gegründet. Beide Gesellschaften bauten nun mit Unterstützung des Staates in den Jahren 1923 bis 1925 den Luftverkehr in Deutschland aus; die Zusammenarbeit mit den andern europäischen Staaten in der International Air Traffic Association führte zur Einrichtung von Verkehrslinien nach den Hauptstädten dieser Staaten. Am 6. Januar 1926 schlossen sich aus wirtschaftlichen Gründen auf Anregung des Reichsverkehrsministeriums der Deutsche Aero-Lloyd und die Junkers-Luftverkehr-A.-G. zur Deutschen Luft-Hansa, A.-G., zusammen.

Im Deutschen Reiche bestehen nun außer der Deutschen Luft-Hansa, A.-G., noch eine Reihe weiterer Luftverkehrsgesellschaften. Ihre Tätigkeit ist jedoch nur vorbereitender Natur und beschränkt sich auf den eigenen Bezirk. Diese Gesellschaften haben keinen eigenen Flugzeugpark; sie sind als Mittler zwischen der Öffentlichkeit und der Deutschen Luft-Hansa anzusehen.

Am 6. April 1926 eröffnete die Deutsche Luft-Hansa mit rd. 120 Flugzeugen verschiedener Bauart auf einem Streckennetz von 20 000 km Länge den regelmäßigen Luftverkehr[4]). Während des Sommers 1926 waren rd. 50 Strecken in Betrieb. Erstmalig wurde dann ein regelmäßiger Luftverkehr auch während des Winters durchgeführt, und zwar auf rd. 30 Strecken von insgesamt 10 000 km Länge. Zahlentafel 1 gibt eine Übersicht über die Entwicklung des Luftverkehrs in den Jahren 1923 bis 1926. Vom 18. April 1927 ab legen die Verkehrsflugzeuge täglich 57 000 km, d. h. 50 vH mehr als im Vorjahre, zurück; das Streckennetz zeigt Abb. 1.

Übersicht

Hohe Anforderungen werden an Verkehrsflugzeuge gestellt. Hat eine Fabrik ein Flugzeug fertiggestellt, so wird von dieser die Flugtüchtigkeit und der Motor eingehend in vielen Flügen nachgeprüft. Das Flugzeug wird dann von einem behördlichen Ausschuß und ferner von den Beauftragten der Luftverkehrsgesellschaft abgenom-

[3]) Vom 6. April bis 31. Dezember 1926.
[4]) Großer Luftverkehrs-Atlas; Berlin-Leipzig 1926.

Abb. 6
Freitragender Hochdecker, Baumuster L 58

Abb. 7

Abb. 10
Abb. 7 bis 10
Zweimotoriger Doppeldecker, Baumuster L 73

Abb. 8 und 9

Abb. 6 bis 10
Verkehrsflugzeuge der Albatros-Flugzeugwerke, G. m. b. H., Berlin-Johannisthal

men. Verlangt werden von den Verkehrsflugzeugen gute Förderleistungen und Flugeigenschaften, sicheres und gefahrloses Aufsteigen und Landen, gute Seefähigkeit bei Wasserflugzeugen, hohe Betriebsicherheit, weitgehende Zerlegbarkeit, bequeme Unterbringung der Fluggäste, Abb. 2 bis 5, große Wirtschaftlichkeit[5]).

Zur Durchführung eines regelmäßigen Flugverkehrs, namentlich nachts und im Nebel, sind vollkommene Meßgeräte notwendig. Mittels Kompasses, Höhenmessers, Gyrorektors[6]), Funkentelegraphie, drahtloser Telephonie und zweckentsprechender Bodenorganisation[7]) kann in der Nacht geflogen werden; jedoch fehlen noch die geeigneten einfachen Geräte für sicheres Aufsteigen und Landen bei Nebel[8]). Die Führer der Verkehrsflugzeuge werden sorgfältig ausgebildet und geprüft. Sie müssen für die Zulassung eine lange fliegerische Erfahrung haben.

Bei den hauptsächlichsten Flugzeugbauarten, die im deutschen Luftverkehr verwendet werden und deren Hauptabmessungen Zahlentafel 2 zeigt, hat man zu unterscheiden zwischen solchen, die aus Holz oder aus Metall hergestellt und mit Leinewand und Sperrholz bekleidet sind, oder solchen, bei denen sämtliche Teile, auch die Haut, aus Metall hergestellt sind[8a]).

[5]) Grulich, Anforderungen an Verkehrsflugzeuge und ihre Kraftanlagen; München 1924. Wittstock, VDI-Nachrichten Nr. 49 vom 8. Dezember 1926.
[6]) Z. Bd. 70 (1926) S. 921, s. a. dieses Heft S. 650.
[7]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1549.
[8]) List, VDI-Nachrichten Nr. 42 vom 20. Oktober 1926.
[8a]) Die neuen Verkehrsgroßflugzeuge Junkers G 31 s. S. 648, Dornier-Superwal und Rohrbach-Rocco werden in dieser Arbeit nicht behandelt.

Albatros-Verkehrsflugzeuge

Anknüpfend an die im Kriege gewonnenen Erfahrungen an Flugzeugen verschiedenster Bauart, die in Reihen hergestellt wurden, haben die Albatros-Flugzeugwerke, G. m. b. H., Berlin-Johannisthal, das Verkehrsflugzeug Baumuster L 58, einen freitragenden Hochdecker, Abb. 6, geschaffen. Die Hauptteile sind aus Holz hergestellt. Der freitragende Flügel liegt auf dem Rumpf und ist an diesem an vier Punkten befestigt. Er ist als durchgehender Flügel aus Kastenholmen mit Sperrholzstegen, Rippen und tragender Sperrholzbeplankung zusammengebaut; in gleicher Weise ist die Höhenflosse ausgebildet. Die Höhen-, Seiten- und Querruder sind mit Stoff bespannt; sie haben Ausgleichflächen.

Der Rumpf besteht aus Sperrholzwänden, die durch Holzspanten und ein Fachwerk von Holzleisten versteift werden. Das Fahrgestell setzt sich aus der Laufradachse und vier Streben, von denen je zwei in einem Schuh eingebaut sind, der Verspannung, die die beiden vorderen Streben verbindet, den Gummischnüren für die Federung, die die Achse und je ein Strebenpaar verbindet, und zwei Drahtspeichen-Laufrädern mit 965/150 mm-Bereifung zusammen. Die Achse und die hintere Strebe zum Rumpf sind stromlinienartig verkleidet.

Der Führersitz mit sämtlichen Geräten liegt über dem Motor; unmittelbar dahinter befindet sich der Raum für die Fluggäste. Gepäckraum und Brennstoffbehälter befinden sich in dem Flügel. Zum Antrieb dient ein 260 PS-Maybach-Motor, Bauart MB IV; es können aber auch andre Motoren eingebaut werden, sofern sie beim Aufstieg mindestens 260 PS leisten und ein Gewicht von rd. 400 kg nicht überschreiten.

Ganz andre Wege sind die Albatros-Werke bei der Herstellung des zweimotorigen Doppeldeckers, Baumuster L 73, Abb. 7 bis 10, gegangen. Das Gerippe des Tragwerks und des Rumpfes besteht aus Metall, und zwar aus Stahlrohren und Profilen von Duralumin, die Bespannung der Flügel und die Verkleidung des Rumpfes aus Stoff und Sperrholz.

Der obere und der untere Flügel haben ungefähr die gleichen Abmessungen, d. h. Spannweite, Tiefe, Umrißlinie, Profil und Lage der Holme im Flügel stimmen überein. Jede Tragfläche besteht aus einem Mittelstück und den beiden Außenteilen. Die beiden tragenden Holme sind aus Duralumin-**U**-Profilen hergestellt. Die Rippen aus Stahlrohr, die als Gitterträger ausgebildet sind, werden so zusammengeschweißt, daß jede Rippe leicht ausgewechselt werden kann[9]). Die Innenverspannung, die von den

[9]) Schweißtechnik, Sonderheft der VDI-Zeitschrift, Berlin 1926, S. 35.

Abb. 11
Freitragender, verspannungsloser Hochdecker, Baumuster A 16c

Abb. 12

Abb. 15

Abb. 12 bis 15
Zweimotoriger, freitragender Hochdecker, Baumuster G L 18

Abb. 13 und 14

Abb. 11 bis 15
Verkehrsflugzeuge der Focke-Wulf-Flugzeugbau, A.-G., Bremen

Rippen vollkommen getrennt ist, setzt sich aus senkrecht zu den Holmen verlaufenden, oben und unten angenieteten Stahlrohren und schräg verlaufenden Stahldrahtseilen zusammen. Die Knotenpunktbeschläge der Hauptanschlüsse sind aus hochwertigem Stahl herausgearbeitet. In jedem Flügel ist ein Querruder mit Duraluminrippen und Stahlrohrachse eingebaut. Das Tragflügelgerippe ist mit Flugzeugleinen bespannt, das mit Zellon und Lack überzogen wird.

Beide Flügel sind an den Außenenden durch je einen N-Stiel, innen, zu beiden Seiten des Rumpfes, durch je eine Rhomboidstütze, die gleichzeitig das Traggerüst für den Motor enthalten, miteinander verbunden. In den beiden Holmebenen sind die Flügel auf jeder Seite durch vier Haupt- und vier Gegenkabel verspannt. Das Leitwerk ist aus gasgeschweißten Stahlrohren in Schrägen- oder Dreieckfachwerk hergestellt und mit Stoff bespannt. Die mittlere Zelle der Tragflächen hat man an den Rumpf durch einen aus Stahlrohrstreben gebildeten Baldachin angeschlossen.

Der Rumpf hat annähernd quadratischen Querschnitt; er ist als Gitterträger aus nahtlos gezogenen Rohren zusammengeschweißt, wobei der vordere Teil K-Verband zeigt und die hinteren freien Felder durch Verspannungen ausgekreuzt sind. Überzogen ist der Rumpf mit zellonierter und lackierter Leinewand. Die Rumpfspitze dient als Gepäckraum; dahinter liegen die überdachten, nebeneinander angeordneten beiden Führersitze mit der Steuerung und den Geräten. Die Kabine enthält Plätze für acht Personen, Abb. 2. Die Sessel kann man nachts in Liegestühle umwandeln; die Kabine bietet Platz für vier Betten. Wascheinrichtung, Abort und ein Laderaum für sperrige Güter sind im Rumpfende untergebracht.

Das unter den Motorstützen angreifende Fahrgestell ist V-förmig ausgebildet; im vorderen V-Stab ist eine Öl- und Gummifederung eingebaut. Die Fahrgestellachse ist gegen den Rumpf abgesteift, die beiden Drahtspeichenräder haben 1250/250 mm-Reifen. Die Motorenanlage bilden die beiden in den Stützen eingebauten 240 PS-Motoren, Bauart BMW IV. Die Brennstoffbehälter sind in den Flügeln untergebracht, die Kühler oben in den Stützen eingebaut.

Focke-Wulf-Verkehrsflugzeuge

Die von der Firma Focke-Wulf-Flugzeugbau, A.-G., Bremen, gebauten Kleinverkehrs-Flugzeuge sind f r e i t r a g e n d e, v e r s p a n n u n g s l o s e H o c h d e c k e r. Bei dem Baumuster A 16 c, Abb. 11, setzt sich die Tragfläche aus zwei Kastenholmen (mit Kieferngurten und Sperrholzstegen), Sperrholzrippen (die außenliegenden sind an den Enden durch einen Sperrholzgurt verbunden) und der aus zelloniertem Stoff bestehenden Bespannung zusammen. Die Enden der Tragfläche sind aufgebogen.

Der Vorder- und Hinterteil des Rumpfes sind als Holzdrahtboot ausgebildet. Das Rumpfvorderteil, in das ein luftgekühlter neunzylindriger 100 PS-Sternmotor von Siemens & Halske[10]), Bauart Sh 12, und dahinter der Führersitz mit der Steuerung und den Geräten eingebaut sind, ist mit einer abnehmbaren Blechhaube verkleidet. Die Kabine für drei bis vier Fluggäste hat doppelte Sperrholzwände. Der Rumpfhinterteil ist mit Stoff überzogen. Der Brennstoffbehälter ist in die Tragfläche zwischen den Rippen eingebaut.

Das Fahrgestell hat man als unter dem Rumpf durchlaufenden starken Kastenträger ausgebildet, in dessen Innerem die geteilten Achsen geführt sind. Die Abfederung besteht aus gewickelten Gummischnüren. Die außenliegenden Teile des Kastenträgers einschließlich der Federung sind durch stromlinienförmige Sperrholzkörper verkleidet. Die beiden Drahtspeichenräder haben Bereifung von 760/100 mm.

Geringe Abweichungen von vorstehendem zeigt das Baumuster A 16 a, das mit einem wassergekühlten 100 PS-Mercedes-Motor, Bauart D 1, oder mit einem luftgekühlten 75 PS-Junkers-Motor, Bauart L 1, ausgerüstet ist. Der Führersitz ist neben dem Motor angeordnet, wodurch der Rumpf an Breite und der Fluggastraum an Geräumigkeit gewonnen hat.

Das Kleinverkehrsflugzeug, Baumuster GL 18, Abb. 12 bis 15, ist mit z w e i in der Tragfläche angeordneten Moto-

[10]) Z. Bd. 68 (1924) S. 921.

Abb. 17

Abb. 18

Abb. 16 bis 19
Verkehrsflugzeuge, Bauart Fokker-Grulich

Abb. 19

Abb. 17 bis 19
Freitragender, verspannungsloser Hochdecker, Baumuster Grulich V 1

ren ausgerüstet, so daß die Sicherheit des Verkehrs bei Ausfall eines Motors gewährleistet wird. Als Antrieb dienen entweder zwei stromlinienförmig verkleidete, luftgekühlte 75 PS-Junkers-Motoren, Bauart L 1, oder wieder zwei 100 PS-Motoren von Siemens & Halske, Bauart Sh 12. Der Führersitz liegt vorn im Rumpf, dahinter die Kabine für drei Fluggäste. Vom Leitwerk ist das Seitenruder besonders groß ausgebildet und hat eine Ausgleichfläche.

Fokker-Grulich-Verkehrsflugzeuge

Die ersten Verkehrsflugzeuge von Fokker, Baumuster F 2 und F 3, wurden von Fokker in Schwerin konstruiert und gebaut; erst später siedelte er nach Holland über. Die Flugzeuge sind also deutscher Konstruktion. Spätere Ausführungen der Baumuster F 2 und F 3 sind nach

Abb. 16
Freitragender, verspannungsloser Fokker-Hochdecker, Baumuster F 2

Abb. 20
Freitragender Udet-Hochdecker, Baumuster U 8

Abb. 22

Abb. 23

Abb. 24

Abb. 21 bis 24
Viermotoriges Großflugzeug Kondor, Baumuster U 11

Abb. 20 bis 24
Verkehrsflugzeuge der Udet-Flugzeugbau, G. m. b. H., München-Ramersdorf

'länen von Dr. Grulich, Berlin, für den neuzeit-ichen Verkehr geändert worden. Das Baumuster F 2 vurde in Lizenz vom Deutschen Aero-Lloyd, Berlin-Staaken, und den Albatros-Flugzeugwerken, Berlin-Johannisthal, die Baumuster F 3 und Grulich V 1 vom Deutschen Aero-Lloyd, Berlin-Staaken, gebaut.

Das Verkehrsflugzeug, Baumuster F 2, Abb. 16, ist in verspannungsloser freitragender Hochdecker iit nach außen abnehmender Flächentiefe und -dicke. Die 'ragfläche wird aus zwei Kastenholmen mit aufgereihten :perrholzrippen gebildet, die mit Sperrholz überzogen sind.)er Rumpf ist aus geschweißten, drahtverspannten Stahlohren hergestellt. Der Rumpfvorderteil ist mit Blech erkleidet, der Rumpfhinterteil mit zelloniertem Stoff bepannt. Das Leitwerk und die Ruder bestehen ebenfalls .us Stahlrohren, die mit zelloniertem Stoff bekleidet sind. \lle Ruder haben Ausgleichflächen. Die Höhenflosse ist iit der Kielflosse und dem Rumpf durch Streben verbunden.

Das Fahrgestell besteht aus sechs Stahlrohrstreben, 'on denen je drei an einer Rumpfunterkante angreifen und leren andre Enden in einen Schuh zusammenlaufen, und ler Laufradachse, deren Enden durch Gummifederung mit len Schuhen der Streben verbunden sind. Das vordere und las hintere Strebenpaar sind mittels Schrägen verspannt.

Vorn im Rumpf ist ein 230 PS-Motor, Bauart BMW IV, ingebaut. Die Führersitze mit den Geräten liegen hinter lem Motor, der Brennstoffbehälter in der Tragfläche. Die Kabine bietet Raum für vier Fluggäste. Außerdem ist in Abort und ein Gepäckraum vorhanden.

Bei dem Baumuster F 3 liegt der Führersitz neben lem Motor. Die Kabine gewährt fünf Fluggästen Raum. :ine Weiterentwicklung dieser Bauart ist das Baumuster ;rulich V 1, Abb. 17 bis 19. Tragfläche, Rumpf und 'luggastraum sind bedeutend vergrößert, so daß das Flug-:eug zwei Führer und sechs Fluggäste befördert.

Udet-Verkehrsflugzeuge

Zwei verschiedene Konstruktionen der Firma Udet-Flugzeugbau, G. m. b. H., München-Ramersdorf, die seit August 1926 in den Besitz der Bayerischen Flugzeugwerke, A.-G., Augsburg, übergegangen sind, dienen dem leutschen Luftverkehr. Das Kleinverkehrs-Flugzeug U 8, Abb. 20, ist ein freitragender Hochdecker mit inem luftgekühlten 100 PS-Siemens & Halske-Motor, Bauart Sh 12. Die freitragende Tragfläche, eine normale Kastenholmkonstruktion, ruht auf zwei in den Rumpf eingebauten mit Sperrholz verkleideten Trägern von hoher Festigkeit. Der Sperrholzrumpf hat ovale Spanten. Das Leitwerk liegt auf der Oberkante des Rumpfendes auf; lie Höhenflosse kann vom Führersitz aus durch ein Handrad verstellt werden. Die Motoranlage ist leicht austauschbar vorn in den Rumpf eingebaut. Dahinter liegt der Führersitz. Die Kabine gewährt Raum für drei Fluggäste. Das Fahrgestell ist aus Stahlrohr hergestellt mit durchgehender Achse. Die Gummifederung ist in den Vorderstreben eingebaut. Bei den Baumustern U 8 a und U 8 b ist die Tragfläche etwas anders ausgebildet als bei der Bauart U 8. Das Baumuster U 8 a hat Spaltflügel, das Baumuster U 8 b eine größere Spannweite und Flügelfläche.

Abweichend von dieser Bauart ist das Großflugzeug Kondor, Baumuster U 11, Abb. 21 bis 24, durchgebildet. Der am Rumpf befestigte Flügel ist aus Holz, der Rumpf aus Duralumin hergestellt. Die Tragfläche mit zwei Hauptholmen ist dreiteilig ausgebildet und mit Stoff bespannt; nur die Vorderkanten sind mit Sperrholz verkleidet. Der Mittelteil ist fest mit dem Rumpf verbunden. Die beiden Außenteile, an denen je zwei Motoren in torpedoartiger Verkleidung aufgehängt sind, werden mit besonders stark durchgebildeten Beschlägen am Mittelteil befestigt. Die Querruder verjüngen sich nach außen hin. Die Tragfläche hat leichte V-Stellung.

Das aus Duraluminprofilen hergestellte Rumpfgerippe ist mit Duraluminblechen verkleidet. Vorn im Rumpf in einer Kanzel befindet sich der Platz für den Orter, dahinter sind zwei nebeneinanderliegende Führersitze mit übersichtlich eingebauten Geräten angeordnet. In dem Fluggastabteil sind acht Sessel aufgestellt. Im hinteren Teil des Rumpfes liegen Gepäckraum und Abort. Das Leitwerk liegt wie bei dem Baumuster U 8 auf dem Rumpf auf und besteht aus mit Stoff überzogenen Duraluminrohren und -profilen. Höhen- und Kielflosse sind von den Führersitzen aus verstellbar.

Das Fahrgestell hat keine durchgehende Achse; es ist geteilt. Auf jeder Rumpfseite sind die Achsschenkel mit dem Rumpf verbunden; eine senkrechte Strebe mit Gummifederung stützt das Rad gegen den Mittelteil der Tragfläche ab. Die beiden Laufräder haben 1100/220 mm-Reifen.

Das Triebwerk besteht aus vier luftgekühlten 100 PS-Siemens & Halske-Motoren, Bauart Sh 12, die gleichmäßig verkleidet sind, so daß sie gegeneinander ausgetauscht werden können. Frei im Luftstrom liegen nur die Zylinder; vor dem Kurbelgehäuse sitzt eine Aluminiumhaube. Da die Motoren, im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Bauarten, mit Druckschraube ausgerüstet und an den beiden Hauptholmen aufgehängt sind, mußte eine aus hochwertigem Stahlrohr bestehende 1,9 m lange Verlängerungswelle an die Kurbelwelle angesetzt werden. Das Stahlrohr ist mit dem Motor durch ein dreiarmiges Kardangelenk, das gleichzeitig als Ausdehnungskupplung bei Längenänderungen ausgebildet ist, verbunden. Die Luftschraube ist am Hinterende der Motorverkleidung in einem mit Silumingehäuse versehenen Lauflager gelagert.

Abb. 25
Doppeldecker, Baumuster LFG V 13

Abb. 26
Doppeldecker, Baumuster LFG V 130

Abb. 27
Ganzmetall-Seeflugzeug, Baumuster LFG V 59

Abb. 25 bis 27. Verkehrsflugzeuge der Luftfahrzeug-Gesellschaft, Stralsund

Abb. 28
Verspannungsloser Hochdecker, Baumuster Komet II

Abb. 29
Verspannungsloser Hochdecker, Baumuster Komet III

Abb. 33

Abb. 30

Abb. 28 bis 37. Verkehrsflugzeuge der Firma Dornier-Metallbauten, G. m. b. H., Friedrichshafen a. B.

Abb. 31 und 32

Abb. 30 bis 33
Verspannungsloser Hochdecker, Baumuster Merkur

Verkehrsflugzeuge der Luftfahrzeug-Gesellschaft m. b. H.

Das See-Verkehrsflugzeug der Luftfahrzeug-G. m. b. H., Stralsund, Baumuster LFG V 13, Abb. 25, ist ein Doppeldecker mit drei Stielpaaren auf jeder Seite. Die Flügel setzen sich aus je zwei bewickelten Holzkastenholmen, zwischen denen Stahlrohre angeordnet sind, und den Sperrholzrippen zusammen. Sie sind mit zellonierter mit Aluminiumbronze angestrichener Leinwand überzogen. Querruder sind in dem oberen und unteren Flügel eingebaut und durch eine Stahlrohrstrebe miteinander verbunden. Die Stiele aus Holz sind aus drei Teilen tropfenförmig zusammengesetzt und an ihren Befestigungsbeschlägen an den Flügelholmen durch Schrägverspannungen verbunden. Das den Flügeln ähnlich durchgebildete Leitwerk liegt auf dem Rumpfende auf. Die Höhenflosse ist gegen den Rumpf durch Streben abgestützt. Höhen- und Seitenruder haben Ausgleichflächen. Die oberen Flügel sind an einem auf den Rumpf aufgesetzten und aus sechs Streben gebildeten Spannturm und die unteren Flügel an den Rumpfunterkanten befestigt.

Der Rumpf ist in Holzkonstruktion aufgebaut. Die beiden unteren Holme sind im Bereich des Fahrwerks verstärkt. Zwei aus Duralumin hergestellte einstufige Schwimmer sind mit dem Rumpf und den unteren Flügeln durch Streben verbunden.

Vorn im Rumpf ist ein 230 PS-Motor, Bauart BMW IV, eingebaut. Dahinter liegt offen der Führersitz, unter dem der Brennstoffbehälter eingebaut ist. Der durch ein Schott vom Führersitz getrennte Fluggastraum bietet bequem vier Fluggästen Raum.

Der Bauart V 13 ähnlich ist das Land-Verkehrsflugzeug, Baumuster LFG V 130, Abb. 26, ausgebildet. Das Fahrgestell setzt sich aus sechs Stahlrohrstreben zusammen, von denen je drei an einer der unteren Rumpfkanten gelenkig befestigt sind; die andern Enden vereinigen sich in einem Schuh, der mit der Laufradachse durch Gummifederung verbunden ist. Das mittlere und das hintere Strebenpaar sind verspannt.

Vollkommen abweichend von diesen beiden Bauarten ist das Ganzmetall-Seeflugzeug, Baumuster LFG V 59, Abb. 27, als verspannungsloser Tiefdecker aufgebaut. Als Werkstoff wurde Duralumin, für die Beschläge Stahl verwendet. Die beiden Hauptholme der Tragfläche, die Aussparungen haben, sind durch Querversteifungen so zu einem Kastenträger ausgebildet, daß sämtliche Teile leicht zugänglich sind. Vorder- und Hinterteil der Flügel sind in einzelnen Teilen aufklappbar. Nach dem Rumpf und nach den Schwimmern hat man die Flügel durch Streben abgesteift. Das Leitwerk ist auf das Rumpfende aufgelegt, die Höhenflosse durch Streben gegen den Rumpf abgestützt; Höhen- und Seitenruder haben Ausgleichflächen.

Der ganz aus Duralumin hergestellte Rumpf ist durch ein Brandschott hinter dem 230 PS-BMW IV-Motor und ein weiteres Schott hinter dem offenliegenden Führersitz unterteilt. Der Fluggastraum ist für vier Fluggäste eingerichtet. Dahinter liegen Abort und Gepäckraum. Zwei einstufige Duraluminschwimmer sind durch Streben mit dem Rumpf und der Tragfläche verbunden.

Dornier-Verkehrsflugzeuge

Bei den verspannungslosen Hochdeckern der Firma Dornier-Metallbauten, G. m. b. H., Friedrichshafen am Bodensee, sind die hochbeanspruchten Teile aus Stahl, die übrigen aus Duralumin hergestellt. Die Tragfläche des Baumusters Komet II, Abb. 28, hat Rechteckform mit abgerundeten Ecken. Die Holme sind als Fachwerkträger aus Stahl ausgebildet und durch Duraluminkastenrippen verbunden. Der Zwischenraum ist mit glatten Duraluminplatten, zwischen denen zur Erhöhung der Oberflächenfestigkeit gerippte Blechstreifen eingesetzt sind, belegt. Durch zwei kräftige Stäbe auf jeder Seite ist die Tragfläche gegen den Rumpf abgestützt. Der Flügel hat fast über seine ganze Spannweite gleiches Profil. Die Blechbahnen der Flügelbekleidung und die Kastenrippen

Abb. 37

Abb. 34 bis 37
Großflugboot Wal

Abb. 35 und 36

Abb. 34

sind daher gleich und gegeneinander auswechselbar. Infolge dieser Bauart sind alle Teile leicht zugänglich. Die Querruder haben Ausgleichflächen. Das Leitwerk ist auf dem Rumpf aufgebaut, das Seitensteuer ausgeglichen.

Der Rumpf besteht aus kräftigen Rahmenspanten mit glatter Blechbeplankung. Das Innere ist überall begehbar. Die Achse des Fahrgestells ist geteilt, an zwei stromlinienförmigen, am Rumpf befestigten Auslegern gelagert und durch Gummizüge abgefedert.

Hinter dem 185 PS-Motor, Bauart BMW III a, mit Stirnkühler befinden sich die beiden Führersitze. Unter diesen ist der Brennstoffbehälter eingebaut. Die Kabine von 2 m Länge, 1,6 m Höhe und 1,2 m Breite, Abb. 3, liegt unter dem Flügel und bietet bequem vier Fluggästen Raum.

Das Baumuster Komet III, Abb. 29, stellt eine Vergrößerung und Weiterentwicklung der Bauart Komet II dar. Die verhältnismäßig große Tragfläche, die an den Enden verjüngt und abgerundet ist, besteht aus drei Teilen: einem Mittelstück, das durch vier starre kurze Stiele mit dem Rumpf verbunden ist, und den beiden Endstücken, die an das Mittelstück durch je zwei selbstsichernde Bolzen angeschlossen sind. Außerdem ist die Tragfläche auf beiden Seiten des Rumpfes durch je zwei Streben abgestützt. Das Leitwerk ist mit vier Bolzen an dem Rumpfende befestigt. Höhenflossen und Seitenflosse sind durch je zwei Streben miteinander verbunden. Die Dämpfungsfläche kann, solange das Flugzeug am Boden ist, verstellt werden. Seiten- und Höhensteuer haben Ausgleichflächen, sie sind mit Stoff bespannt.

Die Tragflächen, in die die Brennstoffbehälter eingebaut sind, und der Rumpf haben den gleichen Aufbau wie die Bauart Komet II. Auf die Blechhaut des Rumpfes sind jedoch parallel zur Längsachse Verstärkungsrippen aufgenietet. Das Fahrgestell setzt sich auf jeder Seite des Rumpfes aus drei Streben zusammen. Zwei in einem Schuh geführte Streben sind an der Rumpfunterkante befestigt, dazwischen liegt die in der Mitte des Rumpfbodens drehbar eingebaute dritte Strebe, die Halbachse. Der Strebenschuh und die Halbachse sind durch Gummiseile federnd verbunden. In den Rumpfvorderteil ist ein 360 PS-Motor, Bauart Rolls-Royce-Eagle IX, mit Stirnkühler eingebaut. Dahinter liegen die beiden Führersitze. Zwischen den Sitzen führt eine Tür in den Fluggastraum von 1,72 m Höhe, 3,05 m Länge und 1,45 m Breite für sechs Personen. Vor dem Führersitz und neben dem Abort liegt je ein Gepäckraum.

In Anlehnung an die Bauart Komet III ist das Baumuster Merkur, Abb. 30 bis 33, entstanden. Der 500 PS-Motor (BMW VI) ist auf zwei Balken gelagert, die auf den U-förmigen vordersten Spanten des Rumpfes festgeschraubt werden. Der Kühler ist unter dem Rumpf im Schraubenstrom liegend befestigt. Die Kabine von den gleichen Abmessungen wie bei Komet III bietet acht Fluggästen Raum.

Auch das Dornier-Großflugboot Wal, Abb. 34 bis 37, ist aus Metall hergestellt. Die hochbeanspruchten Teile bestehen aus Stahl, der Bootskörper und die andern Teile aus Duralumin. Die Querstabilität des Flugbootes, das als verspannungsloser Eindecker ausgebildet ist, wird durch an das Boot angebaute Seitenflossen erreicht. Die Tragfläche hat Rechteckform mit leicht abgerundeten Ecken. Sie ist zu beiden Seiten des Bootes durch je zwei Streben abgestützt. Die Tragflächenkonstruktion besteht aus zwei Stahlholmen, die durch Duraluminrippen verbunden sind. Die Steuerflächen sind mit zelloniertem Flugzeugleinenstoff bespannt. Die Höhenflosse ist durch Streben gegen das Heck abgestützt. Sämtliche Ruder haben Ausgleichflächen. Die Steuerzüge liegen innen.

Das Duraluminboot ist zweistufig ausgebildet. Die Hauptstufe ist so unterteilt, daß der mittlere Teil größeren Tiefgang hat als die beiden seitlichen. Hinter der Hauptstufe ist eine zweite angeordnet, die in einen scharfen Kiel ausläuft. Die Spanten und die mit wasserdichten Türen versehenen Schotten bilden mit der Blechhaut die

Abb. 38
Freitragender Tiefdecker, Baumuster F 13 L

Abb. 39
Freitragender Tiefdecker, Baumuster F 13 W

Abb. 38 bis 44. Verkehrsflugzeuge der Firma Junkers-Flugzeugwerk A.-G., Dessau

Konstruktion des Bootes und der Seitenflossen. Im Bug befindet sich ein abgeschotteter Raum für die seemännische Ausrüstung und das Ankergeschirr; darauf folgt der Fluggastraum mit zehn Sitzplätzen und der Abort. Hinter diesem liegt der Raum für die beiden Flugzeugführer. Funker-, Post- und Gepäckraum schließen sich an.

Zwei 360 PS - Motoren (Rolls-Royce-Eagle IX) sind hintereinander oberhalb des Flügels in einer Gondel vereinigt, die während des Fluges vom Boot aus zugänglich ist. Die beiden Motoren treiben je eine Druck- und Zugschraube an. Die Stirnkühler sind über- und unter der Gondel befestigt. Die Brennstoffbehälter haben in einem besonderen Raum im Boot Platz gefunden. Der Brennstoff wird durch eine Pumpe einem Falltank zugeführt, von wo er zu den Vergasern fließt.

Junkers-Verkehrsflugzeuge

Zu den verbreitetsten Verkehrsflugzeugen gehören die freitragenden Tiefdecker, Baumuster F 13 und G 24 der Firma Junkers-Flugzeugwerk, A.-G., Dessau. Als Werkstoff für Rumpf und Flügel wird Duralumin in Rohren, Profilen und Wellblech benutzt. Die Verbindungsstellen zwischen den Hauptteilen der Flügel bestehen teils aus Duralumin, teils aus hochwertigem Stahl. Die Tragfläche des Baumusters F 13, Abb. 38, mit nach außen abnehmender Flächentiefe setzt sich aus drei Teilen zusammen. Das Mittelstück ist fest mit dem Rumpf verbunden. Die beiden äußeren Teile werden durch Kugelgelenkverbindungen mit Überwurfmuttern aus Chromnickelstahl an dem Mittelstück befestigt. Die Flügelholme, Duraluminrohre, sind durch Z-Streben aus Duralumin zu Trägern

Abb. 43

Abb. 40

Abb. 41 und 42

Abb. 40 bis 43
Freitragender Tiefdecker,
Baumuster G 24 L

Abb. 44
Freitragender Tiefdecker, Baumuster G 24 W

Abb. 45 bis 48
Verkehrsflugzeug Roland der Rohrbach-Metall-Flugzeugbau-G. m. b. H., Berlin, Baumuster Ro VIII

Abb. 45

Abb. 47

Abb. 48

Abb. 46

ɜrnietet[11]). Die Flügeldecke aus Wellblech ist durch Niete ịit den Rohrholmen verbunden; nur die Flügelnase und ɜr Abschluß der Tragfläche bestehen aus Blechplatten. 'as auf dem Rumpf aufliegende Leitwerk ist ähnlich ɹrchgebildet.

Die Spanten des Rumpfes mit elliptischen Ober- und ntergurten sind durch Träger miteinander verbunden. n dem Rumpfmittelstück, das sich aus Motorvorbau, ührerraum, Kabine und Flächenmittelstück zusammensetzt, reifen alle Kräfte und Hauptlasten an. Sehr günstig ist er die Bauart des Tiefdeckers, bei dem die Kabinen und ımit die Fluggäste bei harten Landungen und Verlust ɜs Fahrgestells geschützt sind, da die starke Konstruk-on des Mittelgerüstes alle Stöße aufnimmt. Bekleidet t der Rumpf mit Wellblech.

Das Fahrgestell besteht aus Stahlrohr. In vier mit uraluminblech stromlinienförmig verkleideten Streben t die Abfederung, bestehend aus Gummiringen und upferdehnungsstäben eingebaut. In dem Drehpunkt der ɜteilten Achse greifen zwei am Rumpf befestigte **V**-Stre-ɜn an, die zur Aufnahme der Seitenkräfte und Abstützung ɜs Achsgelenkpunktes dienen, im übrigen aber mit dem ahrgestell frei schwingen. Die Laufräder haben eifen von 810/125 oder von 960/150 mm.

Vorn im Rumpf ist ein 220 PS-Motor, Bauart Junkers 2, eingebaut. Der Kühler liegt vor dem Motor, der rennstoffbehälter im Flügel. Hinter dem Motor, von ɪesem durch ein Schott gegen Brandgefahr getrennt, ɛgen zwei nebeneinander angeordnete Führersitze mit der Doppelsteuerung und den Geräten. Die Kabine bietet Raum für vier Fluggäste.

Flügel und Rumpf des Wasserflugzeuges, Baumuster F 13 W, Abb. 39, stimmen in ihrem Aufbau mit dem des Landflugzeuges überein. An dem Rumpf sind durch Stahlrohrstreben, die mit stromlinienförmig ausgebildetem Duraluminblech verkleidet sind, zwei einstufige Duraluminschwimmkörper befestigt.

Einen ähnlichen Aufbau wie das Baumuster F 13 hat das dreimotorige Großflugzeug, Baumuster G 24, Abb. 40 bis 43. Rumpf und Tragfläche hat man unterteilt, damit sie auf normalen Güterwagen verladen werden können. Der verspannungslose freitragende Flügel setzt sich aus fünf Teilen zusammen. Das Mittelstück ist starr mit dem Rumpf verbunden. An dieses wird durch Überwurfmuttern auf jeder Seite ein Zwischenstück, in das ein Motor eingebaut ist, angeschraubt. Die Flügelendstücke werden ebenfalls durch Überwurfmuttern mit den Zwischenstücken verschraubt. Die im Flügel eingebauten Längspfetten dienen als Gleise für einen Wagen, mit dem sämtliche Teile im Innern nachgeprüft werden können.

Der Rumpf setzt sich aus drei Teilen zusammen. Das Mittelgerüst des Rumpfes mit den beiden Führersitzen und den Kabinenspanten ist auf das Mittelstück des Flügels aufgebaut. An dem Schott des Führerraumes wird vorn das Motorgerüst befestigt, ebenso wird das Rumpfendstück, das aus Spanten mit Wellblechaußenhaut besteht, durch Überwurfmuttern angeschraubt.

Bei dem Stahlrohr-Fahrgestell sind die Streben stromlinienförmig mit Duraluminblech verkleidet. Es ist mit den am Rumpf befestigten Kugelpfannen mittels der darin schwingenden Bajonettköpfe der Fahrgestellstreben gelenkig verbunden. In die beiden hinteren Streben sind Hochhubabfederungen eingebaut. Die Achse ist geteilt und durch **V**-Streben mit dem Rumpf verbunden. Die Vollwandräder aus Elektronguß haben 1300/300 mm-Reifen. Höhen- und Seitensteuer sowie Querruder haben Ausgleichflächen.

[11]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1041.

Das Flugzeug ist mit zwangläufig gekuppelter Doppelsteuerung ausgerüstet. Durch Handräder kann der Führer die Dämpfungsfläche bei wechselnder Belastung und das Seitensteuer bei Ausfall eines Motors verstellen. Alle Geräte, Hebel und Handgriffe sind übersichtlich und leicht bedienbar angeordnet. Der Fluggastraum, der durch eine Tür mit dem Führerraum verbunden ist, bietet bequem für neun Reisende Platz, s. Abb. 5.

Die Motorenanlage setzt sich aus drei wassergekühlten Junkers-Motoren, Baumuster L 2 oder L 5, zusammen. Der Brennstoff wird aus den in den Flügeln eingebauten Behältern durch Pumpen den Motoren zugeführt.

Das Wassergroßflugzeug, Baumuster G 24 W, Abb. 44, stimmt im Aufbau mit dem Landflugzeug überein. Die Duraluminschwimmkörper sind ähnlich wie bei der Bauart F13 W durch Streben befestigt.

Rohrbach-Verkehrsflugzeuge

Der von der Firma Rohrbach-Metallflugzeugbau G. m. b. H., Berlin, gebaute dreimotorige Hochdecker Rohrbach-Roland, Baumuster Ro VIII, ist bereits in Heft 6 dieser Zeitschrift vom 5. Februar 1927, S. 205 ausführlich beschrieben worden. Abb. 48 zeigt das Fahrgestell, den Rumpf und die Motorenanlage, Abb. 45 bis 47 die Gesamtanordnung, Abb. 4 die Kabine. [B 217]

Junkers-Flugmotoren

Infolge der Verhältnisse nach dem Kriege hatte Junkers zunächst einen für die Anforderung des Luftverkehrs geeigneten 230/265pferdigen Motor entwickelt, dem dann, verbessert, der 280/310pferdige Junkers-Flugmotor L 5 folgte. Beide Motorenarten finden heute im öffentlichen Luftverkehr weitgehend Verwendung.

Auffallend ist der geringe Brennstoffverbrauch dieser Motoren. Er wird durch eine eigenartige Bauart des Vergasers mit besonderem Luftzusatz erreicht. Diese Vorrichtung vermeidet beim Flug in großen Höhen die durch den geringen Luftdruck bedingte Anreicherung des Gemisches mit Brennstoff und erhöht die Leistung; beim Fliegen in geringeren Höhen, wobei in der Verkehrsluftfahrt der Motor stets gedrosselt wird, bietet sie die Möglichkeit, das Gemisch nach den äußeren Verhältnissen, wie Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit, einzustellen und dadurch an Brennstoff zu sparen.

Abb. 1, die am Boden aufgenommen worden ist, bestätigt diesen Hauptvorzug der Junkers-Motoren, dem auch mehrere Höchstleistungen zu verdanken sind. Diese in den letzten Wochen geleisteten Dauerflüge mit großer Last, Zahlentafel 1, geben ferner einen Beweis für die Betriebsicherheit der Junkers-Motoren, da sie ohne Störung mit den gleichen Motoren erreicht worden sind.

Zahlentafel 1
Weltrekorde von Junkers-Motoren
Bisherige Rekorde in Klammern

		Landflugzeug	Seeflugzeug	Landflugzeug	
Nutzlast	kg	500	500	1000	2000
Dauer	h	22,2 (14,9)	14,1 (7,6)	14,4 (10,1)	7,9 (4,3)
Strecke	km	2735 (2301)	1720 (1000)	2026 (1400)	1013 (600)
Mittlere Geschwindigkeit über 100 km	km/h	—	—	—	179,2 (174)
„ 500 „	„	—	—	175,7 (166)	175,7 (166)
„ 1000 „	„	—	—	—	137,9
„ 2000 „	„	—	—	139,6	—

Abb. 1
Leistung und Brennstoffverbrauch des Junkers-Flugmotors L 5

Abb. 2. 560/620 PS-Junkers-Flugmotor L 55

Dem Streben nach immer größeren Leistungen entspricht die Schaffung des 560/620pferdigen Flugmotors L 55, Abb. 2, bei dem die Erfahrungen mit dem L 5-Motor verwertet und aus Rücksicht auf Herstellung und Ersatzteilversorgung die bewährten Zylinder beibehalten wurden. Über diesen Motor erhalten wir folgende Angaben:

Nennleistung	560 PS,
Spitzenleistung bei 1450 Uml./min	620 „ ,
Zulässige Drehzahl im Fluge	1500 Uml./min,
Gewicht ohne Nabe, Luftschraube, Wasser, Öl- und Auspuffstutzen	560 kg,
Zyl.-Dmr.	160 mm,
Hub	190 „ ,
Verdichtungsverhältnis	1 : 5,5,
Länge über alles (ohne Nabe)	1750 mm,
Höhe „ „	1171 „ ,
Breite „ „	840 „ .

Neuartig sind neben der Ausbildung des Vergasers Aufbau und Lagerung der Kurbelwelle. Diese ist besonders kräftig, damit man die Schwingungen bei den im Flug üblichen Drehzahlen voll beherrschen kann, und im Gehäuse an acht Stellen auf Rollen gelagert. Die Rollenlager ohne Käfig sind auf die Kurbelwelle nach Zwischenlegen eines zweiteiligen Ringes warm aufgezogen. Damit sich das aus Leichtmetall bestehende Kurbelgehäuse nicht ausschlägt, sind zwischen die Außenringe der Lager und das Gehäuse feststehende Ringe eingefügt, die wie Kolbenringe über seitliche Führungsleisten der Lager geschoben werden. Bei eingetretenem Verschleiß kann man daher normale Rollenlager einbauen und braucht nur die Abmessungen des Zwischenringes zu ändern.

Das Ziel der Entwicklung bildet allerdings der Diesel-Flugmotor von hoher Leistung. Auf dem Wege hierzu hat Junkers den schnellaufenden Fahrzeug-Dieselmotor geschaffen, vergl. Heft 13 dieser Zeitschrift S. 405. [414]

Die Entwicklung des deutschen Verkehrsflugzeuges

Von Dr. W. Huth, Berlin-Dahlem

Stellungnahme verschiedener Konstrukteure in bezug auf Bauart und Baustoffe — Anforderungen an Verkehrsflugzeuge hinsichtlich Sicherheit und Wirtschaftlichkeit — Beziehungen zwischen Bauart, Baustoff und Anforderungen: Ein- oder Doppeldecker, Holz oder Metall, Kraftanlage, Fern- und Riesenflugzeuge.

Bauart und Baustoffe

Mit Kriegsende stand das Luftwesen der Welt jäh vor veränderter Sachlage. Bisher beherrschend beeinflußt von den Militärbehörden, eingestellt auf ıssenherstellung, mußte der Flugzeugbau der Völker ıne Betriebe zum Teil alsbald einstellen, die bestehen ıibenden einschränken oder umstellen.

Neue Aufgaben traten an den Flugzeugbau heran: In ıter Linie das L u f t v e r k e h r s p r o b l e m.

Deutschland wurde durch das ihm auferlegte Militärıuverbot besonders streng auf das Verkehrsgebiet verıesen. Es hat diese Aufgabe in einer Weise angegriffen, ıß es heute bau- und verkehrstechnisch führend im Weltıtverkehr ist.

Zu einer wirtschaftlichen Entwicklung der Luftfahrt ıtten in Deutschland in der ersten Nachkriegszeit aufıflend wenig Menschen Vertrauen. Zunächst lebte vorıegend in der Flugzeugbauindustrie selbst, und auch hier ır in wenigen Köpfen, Wille und Tatkraft, weiterzuarbeiıı und Neues aufzugreifen. Dementsprechend befaßte sich ıch die Flugzeugbauindustrie zuerst mit den Fragen des ıftverkehrs: den flugtechnischen und den verkehrstechıschen Aufgaben.

Über anfängliche Versuche, Kriegsflugzeuge in kleine ırkehrsflugzeuge umzubauen und hiermit Luftverkehr ıter eigener Leitung zu betreiben, kam man bald zu der ınsicht, daß der Luftverkehr einmal ganz andre Anforıungen an das Flugzeug stellt als der Krieg, zum andern ıer eine Organisation erfordert, zu der den Flugzeugırften sowohl die Reedereierfahrung und -organisation, ı besonders auch die Mittel fehlten.

Den neuen Begriff V e r k e h r s f l u g z e u g unterteilte ın, je nachdem man seine mannigfachen Aufgaben erıınte, in Verkehrsmittel für Fernverkehr (bis zum Rieıflugzeug), Verkehr innerhalb der Landesgrenzen, Zuıingerdienst, Schnelldienst, Personen-, Frachten-, Post-, ıesse-, Polizeidienst, Tages- und Nachtdienst, Land- und ıasserverkehr (auch technische Sonderaufgaben gliederıı sich dem Verkehrsdienst an, so Lichtbilddienst, Landesıfnahme, Schädlingsbekämpfung, Werbung). Alle diese ıeige stellen gesonderte, zum Teil sich widersprechende ıforderungen an das Flugzeug. Die Erörterung dieser ıagen kann sich aber zunächst nicht auf den Verkehrsıgzeugbau allein beschränken. Sie muß von den Grundıen des Flugzeugbaues überhaupt ausgehen.

Die Flugwissenschaft als solche ist noch verhältnisıßig jung. Die Stätten, in denen grundlegende Forschunın durchgeführt werden, sind nächst den Hochschulen ıd den Versuchsanstalten insbesondere die Konstrukınsbureaus der praktisch arbeitenden Firmen.

Lehrreich und bemerkenswert ist daher ein Vergleich ıischen den Grundsätzen, von denen sich die einzelnen ıugzeugbaufirmen beim Lösen der erweiterten Verkehrsıfgaben leiten ließen. Hierbei ist eine Scheidung in zwei ıuppen von Grundsätzen, und zwar auf konstruktivem ıd auf verkehrstechnischem Gebiete festzustellen.

J u n k e r s hat aus der allgemeinen Erkenntnis der ıtwendigkeit, ausgesprochene Verkehrsflugzeuge herzuıllen, die Folgen dahingehend gezogen, daß er — ohne ıbei das Verkehrsflugzeug allein oder besonders ins Auge ı fassen — ein allgemeines grundlegendes Konstrukınsprinzip aufstellte und auch fabrikatorisch festlegte. ıt wenigen Ausnahmen fallen alle von ihm hergestellten ıuarten unter dieses Prinzip, insbesondere in bezug ıf die Werkstoffe und für Verkehrsflugzeuge auch in beıg auf die Form. Hier hat also eine Festlegung auf eine ıuart stattgefunden. Der durchgehende, seine Bauıındsätze beherrschende Gedanke ist schon in seinem ıeitflieger-Patent vom Jahre 1910 zum Ausdruck gebracht. Hierüber sagte Junkers 1919: „Dieses Patent beruht auf der Erkenntnis, daß die künftige Entwicklung des Flugzeugbaues sich in der weitgehendsten Verringerung der Widerstände bewegen würde und auf der Auffindung des geeignetsten Mittels zur Lösung dieser Aufgabe."

Von den in diesem Patent zum Ausdruck gebrachten Grundsätzen beherrscht, kam Junkers über eine anfängliche Eisenkonstruktion 1915 zu der Form des freitragenden Duralumin-Tiefdeckers mit Wellblechbeplankung, eine Bauart, die nach dem Werkstoff und der allgemeinen Form zuerst 1918 in der Bauart J 7 und als Verkehrsflugzeug im Jahre 1919 als Bauart F 13 festgelegt und in den Grundsätzen bis heute völlig festgehalten wurde, Bauart G 23, 24 und 31.

Den Fernstehenden ist — infolge stärkerer Zurückhaltung der anderen Flugzeugbaufirmen vor der breiteren Öffentlichkeit — wenig bekannt, wie diese Firmen mit ihrer anders gearteten allgemeinen Einstellung in gleich rascher und klarer Erkenntnis vorgingen. Hier fand eine grundlegende Aufstellung von Konstruktionsprinzipien nicht, oder nicht in dem Maße wie bei Junkers, statt. Form und Werkstoffanwendung wurden mehr oder rein durch den jeweiligen Verwendungszweck des Flugzeuges (durch die Bauaufgabe) bestimmt.

R o h r b a c h macht hiervon in sofern eine Ausnahme, als er sich frühzeitig für ausschließliche Verwendung eines bestimmten Werkstoffes (Duralumin) entschied und auch in bezug auf seine Flügelkonstruktion einen Baugrundsatz aufstellte: „Der ganz aus Duralumin erbaute Flügel besteht aus drei Hauptteilen, dem alle Beanspruchungen aufnehmenden Hohlkastenträger und den beiden vorn und hinten an ihn nur zur Formgebung angesetzten äußersten leichten Nasen- und Endstücken"[1]). Von einer Festlegung im Junkersschen Sinne hielt sich Rohrbach aber frei.

Den Gedanken, zur Widerstandsverminderung die schädlichen Teile in die Flügel einzubauen, hat Rohrbach bereits in seinem 1918 herausgebrachten Viermotorenflugzeug „Zeppelin-Staaken" klar zum Ausdruck gebracht[2]).

D o r n i e r geht von der Verwendung von Duraluminblechen und -bändern aus; die maßgeblichen Grundsätze dieser Bauweise hat er seit 1914 bis heute beibehalten. Er hat in den Jahren 1917/18 als erster ein Flugzeug mit Leichtmetallflügel mit tragender glatter Außenhaut entwickelt und gebaut, einen freitragenden Doppeldecker. Dornier betont aber klar, daß der Flügel mit tragender Außenhaut nicht der „alleinseligmachende" sei und der Verwendung der tragenden Haut Grenzen gezogen sind. Neben der glatten Duraluminbeplankung, die formbeweglicher ist als die Wellblechhaut, wendet er, je nach der Bauaufgabe, auch andere Flächenbekleidung, insbesondere Leinenbespannung, an. In der konstruktiven Form wählt er meist den verstrebten Hochdecker.

Am wenigsten von den größeren, Verkehrsflugzeuge bauenden Firmen haben sich die A l b a t r o s w e r k e nach dem Krieg auf einen bestimmten Baugrundsatz festgelegt. Schon während des Krieges hat diese Firma mit 64 verschiedenen Bauarten die größte Erzeugung gehabt. An dem Grundsatz, durch Ausführung verschiedenster Bauarten umfangreiche eigene Erfahrungen weiterhin auch gerade für den Verkehrsflugzeugbau zu sammeln, wurde nach dem Kriege festgehalten.

Zunächst beim Holzflugzeug, über das an sich die meisten Erfahrungen vorlagen, verbleibend, stellte Albatros 1919 den freitragenden Hochdecker L 57/58, für acht Personen her, bildete seine Bauart C XV zum Kurierflugzeug aus (Doppeldecker, Bauart L 47 für zwei Per-

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 205.
[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 591.

sonen), sammelte weitere Erfahrungen am freitragenden Tiefdecker, Bauart L 59/60. Mit den Doppeldeckern, Bauart L 68 und L 68a, ging man zur Verwendung von Aluminiumteilen über (Duraluminholme), brachte weiter einen schnellen freitragenden Hochdecker, Bauart L 69, und mehrere Kurierdoppel- und anderthalbdecker, Bauart L 65 und L 70, heraus, führte einen Versuchsauftrag mit hinten liegendem Motor aus, Doppeldecker Bauart L 71. Alsdann ging man zum völligen Metallbau, Duraluminholme, Stahlrohr mit Leinenbespannung, über, Lasten- und Verkehrsflugzeug, Bauart L 72a, stellte schließlich das zweimotorige Metall-Großflugzeug, Bauart L 73, für zehn Personen, her, um hiernach zu einem viermotorigen Großflugzeug zu gelangen. Bei dieser Firma liegen seit geraumer Zeit auch für Lasten- und Verkehrsflugzeuge genau vorgezeichnete Baurichtlinien vor. In den Grundstock dieser Richtlinien sind jedoch weitere Erfahrungen und die Erzeugnisse der neuzeitlichen Entwicklung der Rohstoffindustrie (hochwertige Stahl- und Leichtmetallsorten) leicht einzufügen, ohne den einmal eingeschlagenen Kurs grundsätzlich verlassen zu müssen. Ähnlich ging die Firma Heinkel vor.

Man erkennt also zwei grundsätzlich verschiedene Wege des Vorgehens:

a) Festgelegte Baurichtlinien, mit wenigen Ausnahmen beruhend auf einem von vornherein festgelegten Konstruktionsprinzip, am ausgesprochensten vertreten durch Junkers,

b) Sammeln von Erfahrungen für den Verkehrsflugzeugbau im Durchgehen aller Bauarten von Ein- und Doppeldecker, Hoch- und Tiefdecker, Holz- und Metallflugzeug, die sich in die zahlreichen Zweige des Luftverkehrs (und des Flugwesens überhaupt) eingliedern, am ausgesprochensten vertreten durch Albatros und Heinkel.

Zwischen diesen beiden stehen die übrigen Firmen. Es ist nicht an der Zeit, ein Urteil darüber abzugeben, welchem grundsätzlichen Verfahren der Vorzug zu geben ist. Man kann heute nur den augenblicklichen Stand unserer Technik in vergleichende Betrachtung stellen und Vorzüge wie Nachteile einzelner Bauweisen kritisch betrachten.

Ein Vorteil der Festlegung einer bestimmten Bauart nach Junkersschem Leitsatz ist fraglos der, daß man hierdurch schneller der Rationalisierung, der Reihenherstellung, entgegengeht, als auf dem zweitgenannten Wege. So stark dieser Punkt auch zu betonen ist, so bleibt doch dahingestellt, ob dieser Vorteil in den letztverflossenen Jahren schon auswertbar, ja überhaupt anstrebbar war. Junkers[2a]) selbst sagt hierüber:

„Es sind hier in Deutschland viele Bestrebungen im Gange, die Arbeit zu organisieren zu dem Zwecke, den Wirkungsgrad zu verbessern.“ . . . . „Normalisierung, Typisierung und dergl. sind die Schlagworte des Tages. Sicherlich läßt sich auf diesem Wege viel erreichen. Auf die Dauer segensreich ist der Weg aber nur, wenn die andere Seite des menschlichen Schaffens dabei nicht zu kurz kommt, ich meine die schöpferische. Dies gilt ganz besonders für uns Deutsche. Hier ist unsere größte Überlegenheit gegenüber dem Auslande zu suchen, nicht auf dem Gebiete der Massenproduktion.“ Gerade weil man diesen Gedankengängen durchaus beipflichten muß, habe ich die verschiedenen Wege der Firmen hervorgehoben, auf denen sie die „schöpferische Seite des menschlichen Schaffens“ betätigen. Dabei will es scheinen, als ob solcher Betätigung freiere Bahn bleibt, wenn zunächst allen Konstruktionsmöglichkeiten die Wege offen gehalten werden. Die Festlegung auf eine bestimmte Bauweise führt aber auf die Bahnen einer heute noch verfrühten Massenherstellung, einer nach Werkstoff und Form einseitig bevorzugten Bauart.

Wie auf dem Flugzeugbaugebiet, so unterscheidet sich auch das Verfahren der Firmen bei Inangriffnahme des Luftverkehrs. Während die Firma Junkers ein eigenes Luftverkehrsnetz im In- und Ausland ausbaute, beschränkten sich die übrigen Firmen auf kleinere Anfangsunternehmen. So wünschenswert es jeder Firma scheinen mußte, eigene Versuchs- und Absatzgebiete auf selbstbetriebenen Verkehrsstrecken zu besitzen, so zeigten doch schon je[...] Erstlingsversuche, daß ein Luftverkehr großen Stils Mitt[...] und Erfahrungen fordert, die den Einzelnen überlaste[...] So gruppierten sich die meisten Firmen um den Norddeu[...] schen Lloyd und die Hapag, bis im Januar 1926 endlic[...] der Zusammenschluß aller deutscher Luftverkehrsunte[...] nehmen in der Deutschen Lufthansa A.-G. erreicht un[...] somit die notwendige und gesunde Scheidung in Flugzeu[...] werften und Luftreederei endgültig eintrat.

[2a]) Jahrbuch d. Wissenschaftlichen Gesellschaft f. Luftfahrt 1923, S. 67.

Anforderungen an Verkehrsflugzeuge[3])

Welche Anforderungen sind an neuzeitliche Verkehr[...] flugzeuge zu stellen?

Hauptanforderung ist die Sicherheit. Mit ihr die no[...] wendige Wirtschaftlichkeit in Einklang zu bringen, i[...] eine der schwierigsten Aufgaben des Konstrukteurs, d[...] beide Anforderungen sich nicht nur (wie ja auf fast alle[...] technischen Gebieten) berühren, sondern hier besonder[...] stark in Widerstreit stehen.

Meist führt die höhere Sicherheit zu höherem Baug[...] wicht, was der Wirtschaftlichkeit besonders abträglich wir[...]

Die Sicherheit

Unter Sicherheit versteht man reine Flugsicherheit un[...] fahrplanmäßige Zuverlässigkeit im Luftverkehr. Die G[...] fahrquellen für die reine Flugsicherheit sind: a) Bruc[...] in der Luft, b) Bruch bei Notlandungen, c) Brandgefah[...] d) Absturzgefahr. Hierbei ist von den Gefahrenquelle[...] abgesehen, die in der Person des Führers liegen. Neuzei[...] liche Verkehrsflugzeuge haben immer Steuerplätze für mi[...] destens zwei voll ausgebildete Flugzeugführer.

a) Die Bruchgefahr in der Luft ist eine Frage de[...] statischen Bausicherheit und der Güte des verwendete[...] Werkstoffes. Man darf behaupten, daß die heute allgemei[...] im Flugzeugbau durchgeführten Berechnungsverfahren un[...] die Grundsätze für die Werkstoffauswahl in Verbindun[...] mit der strengen Prüfung durch die Behörden soweit durc[...] gebildet sind, daß Bruch in der Luft bei einem Verkehr[...] flugzeug überhaupt nicht mehr in Frage kommt.

b) Der Bruch bei Notlandungen ist bedingt durch di[...] Landegeschwindigkeit und durch die Ausbildung des Fah[...] gestells. Die Richtlinien für den Konstrukteur sind dahe[...]

Verringern der Notlandewahrscheinlichkeit durch Ei[...] bau einer möglichst zuverlässigen Kraftquelle und dur[...] Unterteilen der Kraftquelle in mehrere voneinander una[...] hängige Einheiten: Mehrmotorenflugzeuge.

Geringe Landegeschwindigkeit durch Wahl einer nic[...] zu hohen Flächenbelastung, wo diese aber, wie bei größ[...] ren Flugzeugen, notwendig ist, durch Anwenden geeignet[...] Vorrichtungen, um die Landegeschwindigkeit bei höhere[...] Flächenbelastungen herabzusetzen.

Sorgfältige Durchbildung des Fahrgestells in bezug a[...] die Dicke der verwendeten Werkstoffe, den großen Fede[...] weg und die Stoßdämpfung (Energievernichtung).

c) Die Gefahr des Vergaserbrandes läßt sich bei Ve[...] kehrsflugzeugen durch das allgemein vorgeschriebene A[...] bringen eines feuersicheren Brandspantes und Einbau vo[...] Feuerlöschgerät heute praktisch sehr stark verminder[...] Die Gefahr wird weiterhin durch eine unterteilte Motore[...] anlage, z. B. Zwei- oder Viermotorenflugzeug, herabg[...] setzt.

d) Besondere Beachtung verdient die Absturzgefah[...] Erfahrungsgemäß erfolgen Abstürze am häufigsten aus g[...] ringer Höhe infolge Überziehens und nachträgliche[...] Steuerloswerdens des Flugzeuges, z. B. beim Aussetzen de[...] Motors kurz nach dem Start. Beim Verkehrsflugzeug h[...] man diesen Gefahrenpunkt durch die Verbesserung de[...] Zuverlässigkeit der Kraftquelle (Mehrmotorenflugzeug[...] und durch die Verbesserung der Steuerbarkeit des Flu[...] zeuges bei geringen Geschwindigkeiten beseitigt. Es komm[...] vor allem darauf an, die Querruder und das Seitenrud[...] wirksam zu gestalten.

Die fahrplanmäßige Zuverlässigkeit des Luftverkehr[...] soweit sie mit dem Flugzeug selbst in Zusammenhang steh[...] hängt von der Kraftquelle und der Witterung ab. Übe[...] die Zuverlässigkeit der Kraftquelle ist oben das No[...] wendige gesagt. Wesentlich ist die Feststellung, die i[...]

[3]) Der Abschnitt „Anforderungen an Verkehrsflugzeuge“ wur[...] mir 1926 in großen Teilen von Herrn Dr. Lachmann freundlich zur Verfügung gestellt.

englischen Luftverkehr gemacht worden ist, nach der die größte Anzahl der Motorstörungen auf Fehler an Kühlern (28 vH) zurückgeführt wird, 19 vH fallen auf Ventilbruch, 10 vH auf Ölumlaufstörungen. Schon aus diesem Grunde sollte man im Verkehrsflugzeugbau mehr luftgekühlte Motoren verwenden. Leider hat man bisher nur in England luftgekühlte Motoren in größeren Einheiten entwickelt; geeignete deutsche luftgekühlte Motoren größerer Einheiten stehen bisher noch nicht zur Verfügung, ein Übelstand, für den anscheinend aber bald Abhilfe geschaffen sein wird.

Unter den Witterungseinflüssen macht sich der Nebel in erster Linie entscheidend geltend. Der Wind ist fast nie Hindernis für den Antritt eines Fluges. Von der Deutschen Luft-Hansa sind Flüge nach England an Tagen durchgeführt worden, an denen der Schiffsverkehr wegen Sturmes ruhen mußte. Die Überwindung der Schwierigkeiten, die das Fliegen im Nebel und auch bei Nacht bietet, ist weniger Aufgabe des Flugzeugkonstrukteurs, als die des Physikers und des Funktechnikers.

Die Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Flugzeugen im Verkehr hängt von der Reisegeschwindigkeit, der Nutzlast und der Leistung der Motoren ab.

Bei den heute zur Verfügung stehenden Kraftquellen wird der Luftverkehr als ausgesprochener Schnellverkehr zweifellos immer die verhältnismäßig teuerste Beförderungsart darstellen. 1 t Nutzlast beansprucht bei der Eisenbahn 45 PS, beim Flugzeug rd. 600 PS. Das Flugzeug ist unter allen Verkehrsmitteln das einzige, das Energie verbraucht, lediglich um sich in seiner Fahrbahn zu halten. Für ein normales Verkehrsflugzeug der heutigen Bauart werden allein 20 bis 25 vH der zur Verfügung stehenden Energie für die reine Schwebearbeit verbraucht.

Um sich ein Bild zu machen, welche Einflüsse den reinen Flugbetrieb am stärksten verteuern, sind die reinen Betriebskosten auf Grund von Angaben, die der Direktor der englischen Zivilluftfahrt, Sir Sefton Brancker, gemacht hat, zusammengestellt. Auf die reinen Betriebstoffe entfallen 30 vH, auf Motoreninstandhaltung und -wartung 44 vH und Zelleninstandhaltung und -wartung 20 vH. Der verhältnismäßig geringe Rest entfällt im wesentlichen auf die Gehälter der Flugzeugführer. Die Feststellung, daß ungefähr drei Viertel der reinen Betriebskosten auf die Kraftquelle entfallen, ist außerordentlich bedeutsam.

Nach dem heutigen Stande der Technik dürfte es kaum möglich sein, den thermischen Wirkungsgrad der Benzinmotoren wesentlich zu verbessern. Dagegen verspricht die Anwendung geeigneter Schwerölmotoren eine Verminderung der Brennstoffkosten auf rd. ein Fünftel der heutigen Benzinpreise. Englische Bestrebungen im Bau geeigneter Schwerölmotoren (Beardmore) scheinen neuerdings von praktischem Erfolg gekrönt zu sein. Bestrebungen gleicher Art sind bisher in Deutschland noch nicht durchgedrungen. Das erhöhte Gewicht der Schwerölmotoren dürfte zum Teil dadurch ausgeglichen werden, daß das Gewicht des Brennstoffes für gleiche Leistung und gleiche Flugdauer ungefähr 20 vH geringer ist als bei Benzin. Ein außerordentlich wichtiger, den Motorenkonstrukteur angehender Punkt sind z. Zt. noch die hohen Überholungs- und Instandhaltungskosten für die Motoren.

Die Erkenntnis, daß die reinen Betriebskosten im wesentlichen der Leistung des Motors verhältnisgleich sind, bedeutet für den Flugzeugkonstrukteur, aus der gegebenen Leistung möglichst viel herauszuholen. Die Gleichung für die Wirtschaftlichkeit lautet:

$$T = \frac{G_n\, v}{N}.$$

Hierbei bezeichnet G_n den Anteil der Nutzlast am Gesamtgewicht, v die Geschwindigkeit und N die motorische Leistung. Mit möglichst kleiner Leistung muß man also eine möglichst große Nutzlast möglichst schnell durch die Luft befördern. Diese Aufgabe ist technologischer und aerodynamischer Natur.

Die Forderung, durch zweckvollen Leichtbau das Baugewicht des Flugzeuges möglichst niedrig zu halten, widerspricht an sich den Sicherheitsforderungen. Man muß einerseits die Forderungen der statischen Sicherheit und anderseits die Beanspruchungen im Betrieb usw. berücksichtigen. Das Leergewicht des Flugzeuges beträgt rd. 60 vH des gesamten Fluggewichtes. Die Aussichten, diesen Wert wesentlich zu verbessern, erscheinen gering.

Die aerodynamischen Möglichkeiten sind vielleicht etwas größer, jedoch bewegt sich die Entwicklung auch hier in der Nähe der Grenzen. In Zahlentafel 1 sind für einige deutsche und englische Verkehrsflugzeuge Durchschnittswerte für Leistungsbelastung und zahlende Nutzlast, bezogen auf 1 PS, angegeben.

Zahlentafel 1
Durchschnittswerte für Leistungsbelastung und zahlende Nutzlast einiger Verkehrsflugzeuge*)

Bauart	Flächenbelastung kg/m²	Leistungsbelastung kg/PS	Zahlende Nutzlast ℳ/PS
Albatros L 58	48	6,65	1,5
„ „ 73	46	8,14	1,6
Dornier, Komet III	50,0	5,85	1,39
„ Wal (Eagle IX)	49,7	7,1	1,015
Fokker Grulich F III (BMW IV)	47,5	8,55	1,6
Junkers F 13	42,2	7,44	1,36
De Havilland 34	66,5	7,43	1,4
Handley Page W 8	42,4	7,9	1,74
Supermarine Sea Eagle	49,0	7,46	0,99

*) Die Abweichung der Zahlenangaben für Flächen- und Leistungsbelastung gegenüber Zahlentafel 2, S. 618, beruht darauf, daß in diesen Flugzeugen Motoren andrer Leistung eingebaut waren.

Das Flugzeug Handley Page W 8 weist den größten Wert für die zahlende Nutzlast auf. Die verhältnismäßig große Leistungsbelastung war nur durch Wahl einer kleinen Flächenbelastung möglich. Das führt zu geringen Geschwindigkeiten. Geht man den anderen Weg und vergrößert die Flächenbelastung und damit die Geschwindigkeit, so ist man zu einer Verkleinerung der Leistungsbelastung, d. h. zu stärkeren Motoren gezwungen, es sei denn, daß durch die Verkleinerung der Flügelfläche eine wesentliche Verkleinerung des Baugewichts erreicht wird.

Die Höhe der Leistungsbelastung an sich ist bestimmt durch die Forderung des sicheren Abfluges. Bei den meisten deutschen Verkehrsflugzeugen sind die Abflugstrecken noch zu groß, da sowohl die Leistungs- als auch die Flächenbelastung durch die Einschränkung der Begriffsbestimmungen zu hoch waren. Es ist falsch, die Leistungsbelastung lediglich nach den Erfordernissen des wagerechten Fluges zu wählen. Die Leistungsbelastung sollte beim Abflug bei Verkehrsflugzeugen von 40 bis 50 kg/m² den Wert von 6 bis 8 kg/PS nicht überschreiten. In der Luft beim Reiseflug mit gedrosseltem Motor sind wesentlich höhere Leistungsbelastungen zulässig. Die Forderung eines großen Leistungsüberschusses aus Sicherheitsgründen führt zur Anwendung von überverdichtenden und überbemessenen Motoren, die für kurze Zeit eine hohe Spitzenleistung entwickeln können. Dieser Gedanke ist in sehr vorteilhafter Weise bei dem Flugzeugmotor, Bauart BMW VI, durchgeführt, der beim Abflug eine Spitzenleistung von rd. 640 PS hat, während seine Durchschnittsleistung 460 PS beträgt.

Die Forderung einer genügenden zusätzlichen Motorleistung entspringt im übrigen nicht nur der Notwendigkeit, für erhöhte Sicherheit zu sorgen. Auch Verkehrspolitiker, die früher vorwiegend in „vollen Flugzeugen" den Hauptpunkt der Wirtschaftlichkeit erblickten, haben sich heute zu der Einsicht des Konstrukteurs bekehrt, daß ein Höchstwert an Wirtschaftlichkeit besser durch Flugzeuge erreicht wird, bei denen durch genügende zusätzliche Leistung die Motoren geschont und — oft recht teure — Notlandungen ausgeschaltet werden. Bei größeren neuzeitlichen Verkehrsflugzeugen sollen auf den zahlenden Gast 90 PS Motorenleistung entfallen. Auf die Wichtigkeit eines hohen Leistungsüberschusses kann also auch mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit nicht energisch genug hingewiesen werden.

Zahlentafel 2. (Stand Herbst 1926)

Land	Bauarten mit Motoren von 600 PS Leistung und mehr	Davon sind		Von den Doppeldeckern dienen für			Von den Eindeckern dienen für		
		Doppeldecker	Eindecker	Militär	Verkehr	Sport	Militär	Verkehr	Sport
Nord-Amerika	23	21	2	17	3	1	1	—	1
England	35	34	1	23	12	—	—	1	—
Frankreich	42	36	6	22	14	—	2	3	1
Deutschland	21*)	3	18	—	3	—	—	18	—

*) Bauarten mit einer Leistung von 200 PS und mehr.

Zu erwähnen ist noch derjenige Punkt der Wirtschaftlichkeit, der sich aus einheitlichen Grundsätzen für den Bau von Flugzeugen in den einzelnen Betrieben und in der Gesamtindustrie aus der Vereinheitlichung von Baustoffen und Bauteilen, d. h. aus einer Normung (also zur Verbilligung des Gestehungspreises) ergeben kann. Bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt sind die Vereinheitlichungsarbeiten wieder aufgenommen worden.

Prof. Hoff hat schon 1923 betont, „daß das Flugzeug allein nicht den Ausschlag für die Wirtschaftlichkeit geben kann," daß vielmehr andere Einflüsse derart vorherrschend sein können, daß die Wirtschaftlichkeit des Flugzeuges selbst dahinter weit zurücktritt.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch erwähnt, daß in jeder möglichen Weise für die Annehmlichkeit und Ruhe der Fluggäste bei der Innenausstattung der Verkehrsflugzeuge gesorgt werden muß, ein Punkt, der in unmittelbarem Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeit steht.

Beziehungen zwischen Bauart, Baustoff und Anforderungen

Nach Kennzeichnung der an neuzeitliche Verkehrsflugzeuge zu stellenden Anforderungen soll untersucht werden, welche Fragen und Gegensätzlichkeiten hierbei zur Zeit von Bedeutung sind, und welche Stellung die allgemeinen Konstruktionsgrundsätze zu diesen Fragen einnehmen.

Seit Bestehen des Flugzeuges erörtert man die Frage: Eindecker oder Doppeldecker? Die Eindecker zerfallen in Hoch- und Tiefdecker, ohne oder mit freitragenden Flügeln. Von erheblicher Bedeutung wurde die Werkstofffrage: Holz oder Metall? Beide Fragen wurden von der dritten begleitet: Stabile, tragende Beplankung oder nicht tragende Leinenbespannung der Flügel? Weitere Fragen sind: Zwei- und viermotorige Großflugzeuge, oder dreimotorige, d. h. gerade oder ungerade Motorenzahl?

Wo liegt die nutzbare Grenze der Größe von Verkehrsflugzeugen? Gibt es Verhältnisse, unter denen es technisch und wirtschaftlich zweckmäßiger ist, eine Anzahl Großflugzeuge durch ein Riesenflugzeug zu ersetzen? Ist heute schon zu erkennen, ob dem Verkehrsflugzeug durch den Werkstoff oder die Konstruktion gewisse Grenzen gezogen sind, die ihm eine Wirtschaftlichkeit und Ausnutzung versagen werden, Grenzen, an denen zweckmäßiger das Luftschiff einsetzte?

Ein- oder Doppeldecker?

Im wesentlichen wird die Frage, Ein- oder Doppeldecker, durch die Größe der zugrunde gelegten Flächenbelastung entschieden. Man hält es heute für zweckmäßig, bei Flächenbelastungen bis zu 50 kg/m² die Doppeldeckerbauart, für höhere Flächenbelastungen 50 bis 100 kg/m² die Anderthalb- oder Eindeckerbauart mit dickem Profil zugrunde zu legen. Die Wahl der Flächenbelastung an sich ist bestimmt durch den Verwendungszweck und die Größe des Flugzeuges. Je größer die Flugzeugbauart, eine desto höhere Flächenbelastung muß ihr zugrunde gelegt werden, da sonst die Flügelgewichte zu groß werden, und die Nutzlast schließlich gleich null wird.

Es wäre aber verfrüht, hieraus schematische Grundsätze für die Anwendung bestimmter Bauweisen für bestimmte Zwecke abzuleiten.

Wohl haben sich in Amerika[4]) für einzelne Zwecke schon verschiedene Bauarten, jedoch noch ohne ein fest erkennbares System, entwickelt, für Post-, Renn-, Beobachtungs- und Seeflugzeuge der Doppeldecker, für Kampfflugzeuge der Anderthalbdecker, für große Handels- un Bombenflugzeuge z. T. der Eindecker. Nach den zur Ve fügung stehenden Zahlen überwiegt der Doppeldecker g genüber dem Eindecker außerordentlich sowohl i Amerika wie in Frankreich und England auch noch b großen Flugzeugen. In Zahlentafel 2 habe ich für die g nannten drei Länder die Anzahl der bekannteren Flu zeuge mit einer Motorleistung über 600 PS zusamme gestellt. Um einigermaßen Vergleichzahlen hierzu fü Deutschland zu erhalten, muß man auf eine Motorleistun von 200 PS heruntergehen.

1919 sagte Prof. Junkers: „Auch ich habe mich inte siv mit der Frage der Flächenordnung befaßt und kam a Grund meiner umfangreichen Mehrdeckerversuche zu de Schluß, daß die gegenseitige Beeinflussung der beide Flügel des Mehrdeckers aerodynamisch stets eine ungü stige ist, wie auch immer die Flügel angeordnet sei mögen . . . Der Mehrdecker ist dem Eindecker unte legen." Junkers hat darum bis auf eine unwesentlich Ausnahme nur Eindecker gebaut und unter diesen wi derum mit einer Ausnahme nur Tiefdecker einer Bauar

In der Zeit, in der Junkers sich auf seine Bauart fes legte, war es wohl durchaus verfrüht, an Typisierung un Normung im Flugzeugbau in dem Sinne der Wirtschaf lichkeit zu denken, in dem sich die technische Forschun heute damit befaßt[5]). Daß dies Junkers ferngelegen ha beweisen seine Ausführungen aus dem Jahre 1922[6]). Di Gründe für das durchgehende Festhalten am freitrage den Duralumin-Tiefdecker können aber auch rein betrieb technische, fabrikatorische, durch die Bauart aufgezwu gene sein.

Man sagt dem Doppeldecker — unter bestimmten Vo aussetzungen mit Recht — nach, daß er aerodynamisch un günstiger als der Eindecker sei. Vergleichende Erfahrun hat aber gelehrt, daß man Doppeldecker dem freitragende Eindecker aerodynamisch nahezu gleichwertig bauen kann Das geringe Baugewicht des Doppeldeckerflügels ergänz dies bei bestimmten Bauaufgaben zu völliger Gleichwertig keit. In gleicher Weise hat sich ergeben, daß bei verstreb ten Eindeckern (Dornier) die aerodynamische (aus de zusätzlichen Widerständen entspringende) Verschlechte rung durch das geringere Baugewicht des verstrebten Ein deckers in überwiegendem Maß ausgeglichen wird.

Der Gedankengang, der in der planmäßigen Durch führung der Junkers-Bauweise liegt, erhält seinen be sonders kennzeichnenden Ausdruck in den Folgerunge die sich aus der Annahme des tiefliegenden Flügels weite entwickeln. Dieser Gedankengang zielt letzten Endes au das Nur-Flügel-Flugzeug[7]) ab, bei dem schließ lich alle Lasten im Flügel untergebracht werde sollen. Das Flugzeug soll sein Rückgrat nich mehr im Rumpf, sondern seine Basis im Flüge finden. Kurz zusammengefaßt hat E. Meyer di Kette der technischen Entwicklung bei Junkers in etw folgenden Ausführungen: Die Durchführung des frei tragenden Eindeckerflügels führte zum Tiefdecker, desse besonders zweckmäßige Konstruktion in der Schaffun eines Flugzeugmittelstückes bestand, das die Hauptangriffs stellen der am Flugzeug wirksamen Kräfte untereinande möglichst starr verband. Die Weiterausbildung des durch laufenden zum direkt belasteten Flügel lief der des Tief deckers etwa parallel und hat sich sowohl für ein- wi besonders für mehrmotorige Flugzeuge als sehr fruchtba erwiesen.

[4]) E. E. Aldrin, „Mechanical Engineering" Bd. 48 (1926) S. 309.

[5]) Vergl. die Arbeiten der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahr auf diesem Gebiet in den Jahren 1925 und 1926.

[6]) a. a. O. [7]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1041.

Der Grund, aus dem Junkers (der doch schon in nem Rieseneindecker-Entwurf 1917 den Rumpf vom Mo- entlastete und die Flügel mit zwei Motoren belastete) rch Annahme der ungraden Motorenzahl, d. h. Be- tung des Rumpfes, von seinem so klar und scharf um- senen Leitsatz bei der Bauart G 24 und 31 in diesem smaße abgewichen ist, liegt auf dem Gebiete der Mo- enfrage, die aber in dem eigenen Motorenbau von kers folgerichtig dem allgemeinen höheren Leitsatz te angepaßt werden können.

Rohrbach, der der Entwicklung von Großflugzeugen on vor 1918 neue Wege wies, indem er feststellte, welche rteile Großflugzeuge mit höherer Flächenbelastung en, schuf bereits 1919 mit dem 1000 PS-Duralumin-Hoch- ker ein Großflugzeug, bei dem die Flügel als Lasten- ger ganz anders beansprucht wurden als bei der Bau- G 24.

Holz oder Metall?

Die allgemeine Entwicklung drängt immer stärker zur tlosen Einführung des Metallbaues. Damit ist aber noch ht entschieden, daß nur eines der heute gebräuchlichen talle (Duralumin, Lautal, Elektron, Stahl u. a.) die An- derungen aller Gebiete des Verkehrsbaues befriedigen ß.

Es lag von vornherein nahe, daß das Stahlrohr, das on im Kriege mit Erfolg im Rumpfbau verwendet wurde, iter für den Gesamtbau des Flugzeuges, zum mindesten bestimmten Bauarten, verwendet werden könne. Bei hohen Kosten der Leichtmetalle und der Möglichkeit, hlrohr in jeder Form jederzeit leicht zu beziehen, fte dieses einfache, billige und hochbeanspruchbare Bau- nent nicht ohne weiteres vernachlässigt werden. Die te so hohe Entwicklung der Stahlindustrie läßt hoffen, hier weitergehende Verfahren Sorten hervorbringen rden, die den Stahl (auch ohne Schweißung) besonders große und Riesenflugzeuge immer brauchbarer machen rden.

In Amerika wird der Rumpf bereits vorwiegend aus rommolybdänstahl gebaut, und es erscheint zweifelhaft, diesem Werkstoff gegenüber das Duralumin in Ame- a noch eine hervorragende Zukunft hat. Dort wird der mischtbau ähnlich der Bauart Albatros L 68 und 72 viel gewendet[8]).

Ein endgültiges Urteil, welchem Werkstoff für das terzuentwickelnde Groß-Verkehrsflugzeug der Vorzug zuräumen ist, läßt sich heute noch nicht abgeben. Klar eint nur, daß für Verkehrsflugzeuge als Baustoff Metall bevorzugen ist, sei es im reinen Leichtmetallbau, wie bei kers, Rohrbach und Luftfahrzeugbau, sei es im Ge- chtbau: Duralumin und Stahl, wie bei Dornier und Al- ros (bei beiden nach verschiedenen Anwendungsgrund- zen). Die Wahl des Baustoffes wird durch den Ver- ndungszweck je nach Größe, Gewichtrücksichten, sten und anderen Fragen bestimmt. Dabei muß für den nerstehenden hervorgehoben werden, daß das Gewicht es freitragenden Leichtmetallflugzeuges mit tragender ut erheblich höher ist als das mit Stahl- plus Dur- mingerüst und Leinenbespannung.

Das führt zu der stark umkämpften Frage: Tragende r nicht tragende Haut: Metallbeplankung volltragende ut, Sperrholzbeplankung mittragende Haut, Leinen chttragende Haut.

Dornier, der als Erster schon 1917/1918 ein Flugzeug Leichtmetallflügel mit tragender Außenhaut entwickelt l gebaut hat, behielt, obwohl — dies muß klar ausge- ochen werden — Vater des Gedankens in n Begeisterungssturm für den freitragenden Flügel die he des nüchternen Praktikers. Er betonte wiederholt, daß Flügel mit tragender Außenhaut nicht der alleinselig- chende und die Bezeichnung „volltragende Außenhaut" ignet sei, falsche Vorstellungen über die Ausnutzung Werkstoffes zu geben: „Es ist ohne einen unverhält- mäßig großen Aufwand von Aussteifungen, verbunden kostspieliger Nietarbeit, nicht möglich, die Blechhaut mehr als höchstens 60 vH der vorhandenen Werkstoff- igkeit zum Tragen heranzuziehen, soweit Druckbean- spruchungen in Frage kommen, und diese sind von ausschlaggebender Bedeutung."

Die Wirtschaftlichkeit der volltragenden Bauweise kennzeichnet Dornier, nach meiner Ansicht durchaus treffend: „Tatsächlich sind auch alle sowohl von uns als von anderer Seite gebauten Blechflügel mit tragender Außenhaut im Einheitsgewicht schwerer als z. B. der Metallflügel in Verbundbauweise oder gar jener mit Stoffbespannung. Dies gilt ganz besonders für zunehmende Flügeldimensionen, und aus diesem Grunde haben wir die volltragende Bauweise nur für verhältnismäßig geringe Spannweite ausgeführt." So hat das Dornier-Flugzeug, Bauart Wal, Stoffbespannung.

Durch den freitragenden Blechflügel wurde die Leinenhaut vernachlässigt. Man warf ihr vor allem vor, daß sie nicht so wetterbeständig sei, wie der Blechflügel. Dem sind die durchschlagenden Beweise der planmäßigen englischen Versuche entgegenzuhalten, die die Wetterbeständigkeit der mit englischen Lacken getränkten, gespritzten oder gestrichenen Leinenflugzeuge bewiesen haben[9]).

Auch der Metallflügel bedarf eines wetterschützenden Anstrichs. Insbesondere trifft dies für Seeflugzeuge zu, da das Duralumin dazu neigt, angefressen zu werden. Eine Vereinigung von Leinen- und Metallhaut wird in vielen Fällen vorteilhaft sein.

Es ist das Verdienst von Schubert, dem in Deutschland seit dem Kriege stark vernachlässigten Stahlbau und der Leinenbespannung wieder die gebührende Geltung, unter dem Gesichtspunkt einer weiteren Auswertbarkeit hochwertigen Stahles für größere Aufgaben, verschafft zu haben.

Kraftanlage

Der Motorenfrage ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, weil dem mehrmotorigen Verkehrsflugzeug infolge der unvergleichlich höheren Betriebsicherheit unbedingt die Zukunft gehört. Darüber herrscht Einigkeit. Strittig ist nur, ob gerade oder ungerade Motorenzahl zu wählen ist.

Bei der geraden Motorenzahl wird dem Gedanken, dem Flügel allmählich die Hauptlast aufzubürden, am meisten Rechnung getragen. Bei der ungeraden Zahl liegt ein Motor immer am Stirnende des Rumpfes, behindert dem Führer die Sicht und führt leicht, wenn man die Seitenmotoren nicht zu weit von der Mittelachse nach außen abrücken will, zur Überschneidung der Propeller, wodurch sehr schädliche Schwingungen entstehen. Auch fällt durch

[8]) Aldrin, a. a. O.

[9]) Ich habe u. a. mit der englischen Firma Titanine eingehende Rücksprachen und Briefwechsel über diese Fragen geführt. Die Firma, der es an sich gleichgültig sein kann, ob sie ihre Anstriche an Holz-, Metall- oder Leinenflügel herstellende Abnehmer absetzt, schreibt mir unter anderem etwa wie folgt:

„Die Erfahrung hat bewiesen, daß die Leinenbespannung von Tragflächen gewöhnlich ihre Festigkeit durch die zerstörende Wirkung der ultravioletten Strahlen der Sonne verliert. Unsere verschiedenen Erzeugnisse werden der schärfsten Nachprüfung unter einer Quecksilberlampe unterzogen. Wir haben festgestellt, daß gewisse Anstrichmittel der zerstörenden Wirkung der ultravioletten Strahlen ganz besonders gut widerstehen. Der rote Anstrich hält die aktinischen Strahlen des Lichtes von dem Flugzeugleinen ab und verhindert dadurch die Zerstörung desselben, während der Aluminiumanstrich als Reflektor wirkt und so Licht und Hitze zurückwirft, wodurch das Innere der Tragflächen oder des Rumpfes einmal kühl gehalten wird und anderseits Beanspruchungen durch Ausdehnung oder Zusammenziehen von Holz und Metall vermieden werden.

Wir selber und die überwiegende Mehrheit der Flugzeugkonstrukteure in unserem Lande betrachten eine wirksam imprägnierte und lackierte Leinen-Flugzeugzelle als entschieden wirtschaftlicher und genau so zuverlässig als ein bedeutend teureres Flugzeug der Ganzmetallkonstruktion. Ein sachgemäß imprägniertes Flugzeugleinen ist sicherlich imstande, allen Einflüssen, denen ein Flugzeug ausgesetzt sein kann, zu widerstehen.

Die Tatsache, daß sich die Britische Regierung entschlossen hat, an der Methode, die Flugzeuge mit Leinen zu bespannen, festzuhalten, beweist am besten den Vorteil der eben geschilderten Bespannnung."

Die beiden größten Flüge in letzter Zeit, bei denen ausschließlich Leinenbespannung mit diesem Anstrich für die Flugzeuge verwendet wurde, sind der Flug Rom—Tokio—Rom und der Flug London—Kapstadt—London. De Pinedo berichtete über den Tokio-Flug: „Das Flugzeug, welches bei einem Flug von 6½ Monaten fast immer der Sonne und dem Regen ausgesetzt und selten in einem Flugzeugschuppen eingestellt war, brauchte trotz dieser Umstände niemals mit neuen Flächen oder neuem Anstrich versehen zu werden. Nach meiner Rückkehr nach Rom, nach einer Reise von 55 000 km, waren die Tragflächen in denkbar bestem Zustand."

Alan Cobham, der den Flug London—Kapstadt—London, durchführte, drahtete: „Trotz europäscher Kälte und sudanesischer Hitze, bei der es unmöglich ist, die Tragflächen zu berühren, wenn man sich nicht die Finger verbrennen will, trotz tropischer Regensaison in Afrika hat der Titanine-Anstrich die scharfe Prüfung des Fluges London—Kapstadt überstanden, so daß die Tragflächen des de Havilland-Flugzeuges immer noch im erstklassigen Zustande sind."

die gerade Motorenzahl der im Rumpf (Fluggastraum) befindliche Motor fort, was die Verminderung der Gefahr bei Vergaserbrand und die Annehmlichkeit der Herabsetzung von Motorlärm und -erschütterung, Öl- und Benzingeruch und Rauchbelästigung für die Fluggäste bedeutet.

Fern- und Riesenflugzeuge[10])

Die, im Gegensatz zur militärpolitischen, verkehrspolitisch so glückliche Lage Deutschlands im Herzen Europas verweist unseren Flugzeugbau und Luftverkehr stark auf diese Aufgabe. Die Verbindungen zwischen den europäischen Wirtschaftszentren und deren Verbindung mit den übrigen Weltwirtschaftsgebieten führen zum großen Teil zwangläufig über Deutschland. Als Hauptrichtungen kommen dabei in Frage: von Westeuropa nach dem Osten und dem fernen Osten, von Nordeuropa nach dem Süden bis Kapstadt, von Nordost- nach Südwesteuropa und weiter nach Nord- und Südamerika, vom Osten nach Westeuropa mit Anschluß nach Nordamerika, von Nordwesteuropa nach Südosten, Türkei usw., Indien.

Erst im Fernluftverkehr tritt die überragende Macht des Flugzeuges anderen Verkehrsmitteln gegenüber in die Erscheinung, z. B. Fernverkehr zwischen Berlin und Peking statt 3 bis 4 Wochen anderer Verkehrszeit nur 3 bis 4 Tage Flugzeit. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Luftverkehr über den Ozean, der nur erhöhte Schwierigkeiten in der Betriebsmittelergänzung und bei Notlandungen erbringt. Daß die Aufgabe der Ozeanüberquerung mit unseren heutigen Flugzeugen bereits technisch zu bewältigen ist, hat Dornier bewiesen.

Wie aber ein wirtschaftlich zu verantwortender und technisch brauchbarer, regelmäßiger Verkehr durchzuführen ist, darüber haben wir noch keine Erfahrungen. Um so dankenswerter ist die Arbeit derjenigen, die sich mit dieser Aufgabe befassen. In der Lachmannschen Formel

$$V = \frac{n\,v}{x}$$

wird die Verkehrswirtschaftlichkeit zum Ausdruck gebracht, wobei n die beförderte Personenzahl als Nutzlast, v die Reisegeschwindigkeit und x den Brennstoffverbrauch in 1 h bedeuten.

Gymnich hat hiernach eine Vergleichstabelle aufgestellt, aus der ersichtlich wird, „daß die Verkehrswirtschaftlichkeit bei zunehmender Spannweite und zunehmendem Aktionsradius nicht wesentlich abzunehmen braucht, wenn gewisse Konstruktionsrichtlinien verfolgt werden".

Rohrbach hat die Hauptvorteile einer hohen Flächenbelastung bei Großflugzeugen eingehend und mehrfach nachgewiesen.

Mit zunehmender Größe können die Flugzeuge aerodynamisch günstiger gestaltet werden. Je größer das Flugzeug wird, desto mehr können die Flügel zur Aufnahme aller Lasten herangezogen, desto geringer kann der Widerstandsanteil des Rumpfes werden, der bei kleineren Flugzeugen sehr erheblich ist.

Es ist aber noch fraglich, ob die aerodynamische Verbesserung ausreicht, den Leistungsbedarf für Steigen und Abflug in dem Maße herabzusetzen, wie die Flächenbelastung sich erhöht. Welche Flugzeuggröße den Höchstwert hierfür darstellen wird, und ob die von verschiedenen Seiten geplanten Riesenflugzeuge in bezug auf die, bezogen auf 1 PS, beförderte Nutzlast und auf die Gesamtwirtschaftlichkeit günstiger abschneiden als eine entsprechende Anzahl Großflugzeuge, diese Fragen bleiben der Lösung durch den wissenschaftlich arbeitenden Konstrukteur und durch praktische Erfahrung vorbehalten.

Eines ist wohl sicher, daß das Riesenflugzeug zunächst vorwiegend zum Überwasserverkehr in Frage kommen wird. Hierfür liegt vielleicht eine Notwendigkeit vor, während bei großen Landstrecken, wie die europäisch-transsibirischen, wegen der Zwischenlandemöglichkeiten vorerst Großflugzeuge genügen.

Diejenigen Konstrukteure, die sich mit dem Trans ozean-Flugzeug beschäftigen, scheiden sich in zwei Gru pen: solche, die auf eigenen Erfahrungen weiter aus- un aufbauen wollen, und solche, die den Grundsatz ausschlag gebend in den Vordergrund stellen, daß ein Transozean flugzeug auf durchaus neuer Grundlage nach wesentlic neuen Gesichtspunkten ausgebaut werden muß.

Man darf in den Plänen der zweiten Gruppe aber – wie dies die meisten Entwerfer auch wohl zugeben — nu vielfach sehr wertvolle Hinweise auf gewisse neu Wege erblicken und praktische Fingerzeige für Lösun einzelner grundsätzlicher Fragen, nicht aber die endgültig Lösung des Transozeanflugzeuges. Solche Fragen sind:

- Schwimmerflugzeug (Rumpler) oder Flugboot (Gru lich, Junkers, zweibootig);
- Zahl der Motoren: Vielmotorig (Grulich, Rumpler zehn Motoren) oder mehrmotorig (Junkers, vie Motoren);
- Nurflügelflugzeug mit möglichst allen Lasten im Flüg (Junkers-Vorschlag I, Rumpler) oder Nutzlas (Fluggäste) im Bootskörper (Grulich und Junkers Vorschlag II).

Unter den heute bekannteren Riesen- oder Transozean Vorschlägen findet sich weder ein solcher mit Vereinigun von Schwimmern und Flugboot wie bei Rohrbach, noc einer mit schwimmfähigen Flügelstummeln wie bei Dor nier. Und doch scheint die Weiterentwicklung diese beiden an Großflugzeugen erprobten Bauweisen durchau naheliegend. Die Rumplersche Ausbildung der vier mit leren Schwimmer zur schmalen Bootsform unter Beibeha der beiden kurzen Außenschwimmer ist nicht hierher z rechnen, wie schon aus der Bezeichnung Scheinrümpf hervorgeht, da sie nur der Verbindung mit dem Leitwer dienen und keine Lasten als Boote tragen.

Sehr aussichtsreich erscheint für Riesenflugboote de Bau mehrerer lastentragender Boote nebeneinander. Di breite Wasserbasis solcher Doppel- und Mehrfachflug boote dürfte auch für Anwassern und Schwimmen au hoher See Flügelstummel und Hilfsschwimmer an de Flügelenden überflüssig machen[11]).

Ein weiteres Eingehen auch nur auf die wenigen ober genannten grundsätzlichen Fragen des Riesen- oder Trans ozean-Flugzeuges liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit[12]

Äußerst vorsichtig wird die Frage von R. Vogt rei wissenschaftlich-theoretisch behandelt. Nach zunäch pessimistischer Beurteilung wirft er die Frage auf, „o nicht doch Aussichten auf eine genügende Steigerungsmög lichkeit der Leistungsfähigkeit der Flugzeuge bestehen Aussichten, die auf dem Boden der heutigen Kenntnis de Zusammenhänge stehen, die also genügend Realität be sitzen, um sie in spekulativer Weise ausnutzen zu können"

Den Schwerpunkt seiner Untersuchungen legt auch e auf die Abhängigkeit der Leistung von der aerodyna mischen Güte.

Gerade in so großen Fragen stehen stark spekulativ Betrachtungen und nüchterne Wirklichkeitstheorie ein ander meist scharf gegenüber.

Wenn man sich der Widerstände erinnert, die ein nüchterne Schule von Theoretikern dem Lebenswerk de unternehmenden Geistes eines Zeppelin anfangs entgegen setzte, so können wir heute nur hoffen und fordern, da sich bei Lösung der vorliegenden Aufgabe wagender Geist un nüchterne Schule die Hand zu gemeinsamer Arbeit reicher

Ich wende mich nun der andern Gruppe von Konstruk teuren zu, die auf schon mit Wasser-Großflugbooten ge machten eigenen Erfahrungen aufbauend wohl auf den eingeschlagenen Wege weiterarbeiten dürften. Es bedar dabei kaum mehr der Erwähnung, daß man unter Weiter entwicklung des heutigen Wasser-Großflugbootes zu einen regelmäßig verkehrenden Riesenflugzeug nicht di einfache Vergrößerung eines solchen Wasser-Großflug zeuges verstehen kann, woraus ein Eigengewicht des Flug zeuges folgen würde, das jede nennenswerte Nutzlast aus schlösse.

[10]) Zur Wortbildung Flugzeug und Flugschiff sei bemerkt, daß man größere Einheiten treffender mit Flugschiff bezeichnet, insbesondere solche Einheiten, bei denen eine räumliche Trennung in Kommandostellung, Flugführer-, Funker-, Fahrgastraum u. a. m. vorgesehen ist. (Vergl. Wortbildung Flugplatz und Flughafen, letztere bei Großverkehr.)

[11]) Vergl. in kleinerer Ausführung das italienische Doppelflug boot „Savoia".

[12]) Vergl. E. Offermann, Riesenflugzeuge; Berlin, R. C. Schmidt

Bei der restlosen Aufrollung der Frage des Transozean-Flugzeuges wäre zunächst einigermaßen Einheitlichkeit der Ansichten darüber herbeizuführen, ob für den Transozeanverkehr wirklich Flugriesen unbedingte Voraussetzung sind. Über dem hierbei nötigen Sammeln von Erfahrungen wird noch geraume Zeit vergehen, nach der dann noch immer die Frage zu beantworten sein wird, ob wirklich eine Rieseneinheit mehreren Großeinheiten gegenüber technisch und wirtschaftlich überragende Vorteile bietet. Dabei sind die Flugzeugbaukreise auch der Frage bisher wohl noch nicht rein sachlich gegenübergetreten, ob in dem größeren Transozean-Luftverkehr nicht doch das Luftschiff auch noch eine Rolle zu spielen berufen ist. England steht, wie Engberding[13]) richtig ausführt, auf dem Standpunkt, daß neben dem Flugzeug das Luftschiff nicht nur Daseinsberechtigung hat, sondern für gewisse Aufgaben des Verkehrs notwendig ist.

Dornier hat in seinen neuesten Großflugzeugen, vor allem aber in seinem Superwal, schon ein Flugboot geschaffen, das mit 1300 PS und 14 Personen Nutzlast für einen Flugbereich von 2000 km vorgesehen ist.

Nachdem vor diesen Bauarten die normale Entwicklung schon zur Ozeanüberfliegung in einzelnen Leistungen geführt hat, liegt meines Erachtens die Lösung auch weiterhin vorwiegend auf dem Wege der Entwicklung. Der Wert des Vorgehens einzelner, Neues aufzustellen auf einem Wege, der durch innere Eingebung erkannt ist, soll darum nicht herabgesetzt werden. Dieser Wert liegt u. a. auch in der Kraft des Antriebes, den von je ein geistiges Großunternehmertum der ruhigeren Entwicklung gegeben hat. Nur bei fruchtbarer Zusammenarbeit beider Kräfte ist auch dem wirtschaftlichen Großunternehmertum zur unentbehrlichen Mitwirkung zu raten.

Hier muß noch einer wichtigen Frage gedacht werden, des Höhenfluges auf 12 bis 15 km Höhe (Stratosphäre): Das Schwebemoment des Flugzeuges ist abhängig von der Größe der Tragfläche, der Luftdichte und der Beschleunigung. Eine entsprechend der Luftdichteverminderung vergrößerte Tragfläche würde das Flugzeug untragbar schwer machen. Der Hauptanteil am Mehr der Schwebearbeit ist also von der Beschleunigung zu leisten. So stellt sich hier selbsttätig ein Vorteil ein, von dem wir Geschwindigkeiten von 500 km/h und mehr erwarten könnten. Die technischen und die in der menschlichen Natur begründeten Schwierigkeiten, die heute noch einem Fliegen in größten Höhen entgegenstehen, sind gewaltig, aber wohl nicht unüberwindbar. Auch bei Lösung dieser Aufgabe müssen alle Kräfte der Wissenschaft und Technik aufbauend mitarbeiten.

Der Schritt vom ersten Gleitflug Lilienthals bis zum ersten Looping oder 24-Stunden-Flug eines Motorflugzeuges war fraglos größer, als der von der ersten Ozeanüberquerung zum ständigen Transozean-Luftdienst ist. Der erste Dauerflug wurde nicht durch den geistreichen Gedanken des einzelnen, sondern auf der breiten Grundlage der Gesamtentwicklung (insbesondere durch Motoren-, Werkstoff- und flugtechnische Entwicklung) erreicht.

Nach diesen Gesetzen wird sich die Aufwärtsentwicklung weiter bewegen zu dem Luftverkehrsmittel, das die größten Erdentfernungen am sichersten, schnellsten und wirtschaftlichsten überwindet. [B 258]

[13]) Vergl. Engberding: Luftschiff und Luftschiffahrt; Berlin 1926, VDI-Verlag.

Die Luftfahrt in den Vereinigten Staaten von Amerika

In der Entwicklung der Verkehrs-Luftfahrt in den Vereinigten Staaten von Amerika[1]) sind zwei scharf getrennte Abschnitte zu unterscheiden. Zunächst begann von 1918 ab eine Zeit der Studien und Versuche unter Beschränkung auf eine große Linie in rein staatlichem Betrieb, dann aber folgte, beginnend 1925 mit der Beteiligung Fords an der Luftfahrt und der „Kelly Bill" ein Abschnitt der Ausbreitung unter weitgehender Heranziehung privaten Unternehmungsgeistes, die in dem bevorstehenden Übergang der staatlichen Linien in private Hände gipfelt.

Diese Kennzeichnung gilt allerdings nur für den organisierten, planmäßigen Flugdienst. Neben ihm hat — stark abweichend von den europäischen Verhältnissen — der unorganisierte Luftverkehr durch Vermieten von Flugzeugen seitens privater Unternehmer, das sogenannte Luft-Taxi-Geschäft, eine große Ausdehnung erfahren. Nach den Feststellungen des Aeronautical Chamber of Commerce sind im Jahre 1925 an ihm 290 Unternehmer beteiligt gewesen und ungefähr 8 Mill. km geflogen worden. Diese Strecke ist etwa 60 vH höher, als die im gleichen Zeitraum von den beiden deutschen damals noch getrennten Gesellschaften, der Junkers-Luftverkehrs-Gesellschaft und dem Aero-Lloyd, geleistete Flugstrecke. In der amerikanischen Zahl sind dabei allerdings neben den Flügen zur Beförderung von Personen und Gütern die für die Aufnahme von Luftbildern, für die Bestäubung von Baumwollfeldern zur Insektenbekämpfung usw. miteinbegriffen. Entstanden ist dieser private Luftbetrieb dadurch, daß unmittelbar nach dem Kriege die Militärverwaltung die nicht mehr gebrauchten Flugzeuge zu billigen Preisen an jeden verkaufte.

Auch der planmäßige amerikanische Luftverkehr unterscheidet sich von dem europäischen, er ist im wesentlichen Postdienst. Die erste Strecke wurde 1918 von New York nach Washington eingerichtet und bestand bis 1921. Schon vor ihrer Aufgabe ist jedoch die große Verbindung von der atlantischen nach der pazifischen Küste, 4300 km, ungefähr entsprechend der Strecke Madrid–Paris–Berlin–Moskau–Kasan in mehreren Abschnitten eingerichet worden: Juli 1919 von New York nach Chikago, im nächsten Winter bis Omaha, September 1920 bis San Franzisko. 1922 begann man auf dieser Strecke mit den ersten Nachtflugversuchen, der erste flugplanmäßige Nachtbetrieb wurde 1924 eröffnet, und zwar von Chikago westwärts bis Cheyenne. 1925 wurde die Nachtbeförderung auch für die östliche Teilstrecke durchgeführt und neben dem durchgehenden, in New York am Vormittag beginnenden Dienst eine Nachtverbindung von New York bis Chikago eingelegt. Die Durchführung des Nachtbetriebes für die dritte westliche Teilstrecke wird geplant, damit die Flugzeuge New York und San Franzisko am Abend verlassen und am Vormittag des übernächsten Tages ihre Post am Ziel abliefern können. Vom 1. Juli 1926 ab konnte nach Einstellung neuer Flugzeuge der Dienst beschleunigt werden. Die gegenwärtige gesamte Beförderungszeit beträgt 34 h 20 min, die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit also 125 km/h.

Diese Linie ist vom Postministerium eingerichtet worden. Außerdem aber wurde der Postmaster General durch die am 2. Februar 1925 von dem Präsidenten Coolidge unterzeichnete Kelly Bill ermächtigt, mit privaten Unternehmern Verträge zur Beförderung von Post über bestimmte Strecken nach einem von der Behörde zu bestimmenden Flugplan abzuschließen. Zur selben Zeit begann Ford mit dem Betrieb seiner ersten Luftlinie zwischen Detroit, Cleveland und Chikago. Bei der Volkstümlichkeit des Namens Ford wurde dadurch mit einem Schlage die Bedeutung der Luftfahrt für den Handel in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Neben der Ford Motor Co. bewarben sich zahlreiche Unternehmer und Gesellschaften um den Abschluß der Verträge mit dem Postministerium, so daß im Jahre 1926 ein ganzes Netz von Luftlinien eröffnet werden konnte. Zur Zeit sind achtzehn verschiedene Linien im Betrieb, Abb. 1. Die Gesamtlänge der Linien beträgt 9450 Meilen (rd. 15 000 km, deutsches Luftnetz 1926 20 400 km) und die bei vollem Betrieb zurückzulegende Strecke in einem Jahre 9 Mill. km (Flugleistung der Deutschen Luft-Hansa 1926: 6 140 000 km).

Das Postministerium unterstützt diese Entwicklung mit allen Mitteln. Irving Glover, der zweite beigeordnete Postmaster General, erklärte auf einem Kongreß der Postmaster-Association in Kansas City im September 1926: „Luftbeförderung ist das neue Geschäft, es muß angeboten und getätigt werden, nicht den Benutzern der Luftpost von heute, sondern jedem, der nicht weiß, was die Luftpost ist und was sie bedeutet. Es muß damit gehandelt werden, wie man eine neue Toilettenseife, eine Konserve oder einen Kaugummi verkauft. Die Unwissenheit des großen Publikums über die Vorteile des Dienstes ist erstaunlich. Es stehen in diesem Lande große Summen für die Förderung der Luftfahrt zur Verfügung. Was könnte Besseres mit einem Teil dieser Mittel getan werden, als einen Feldzug für die Benutzung der Luftfahrt zu eröffnen . . ."

[1]) „Engineers and Engineering", Bd. 43 (1926) S. 312; „Aviation" Bd. 21 (1926) S. 21, 216, 668; ebenda Bd. 22 (1927) S. 170.

Abb. 1
Das amerikanische Luftliniennetz

Auch die bisherigen staatlichen Linien sollen privaten Gesellschaften übergeben werden, Angebote dafür sind am 15. November eingefordert und am 15. Januar eröffnet worden. Verlangt wurden dabei 0,86 bis 1,52 ₰ auf 1 kgkm.

An die verwendeten Flugzeuge wurden von Anfang an bestimmte Forderungen gestellt: zahlende Last mindestens 450 kg, Reisegeschwindigkeit nicht unter 150 km, Flugstrecken nicht unter 720 km. Verwandt werden ganz verschiedene Bauarten, sehr oft mit zwölfzylindrigen 400 PS-Liberty-Motoren. — Die wichtigsten Konstruktionszahlen einiger der bekanntesten Flugzeuge betragen:

Bauart	Flügelfläche m²	Fluggewicht kg	Motorleistung PS	Gesamtzuladung kg	Zahlende Last kg
Curtiss Carrier „Pigeon“	47	2220	400	840	450
Stout Air Transport Plane (Ford)	56	2730	400	1075	580
Douglas Air Mail Plane	38	—	400	815	450

Mit diesen Flugzeugen sind sehr befriedigende Ergebnisse erreicht worden. Die Beförderung von Fluggästen und Gütern neben der Post ist den einzelnen Unternehmern freigestellt. Die Tarife dafür sind ihnen überlassen.

Seine Fortsetzung findet das in dieser Weise im Entstehen begriffene nordamerikanische Flugnetz in den mittelamerikanischen Linien des Kondor-Syndikates und der Scadta. Darüber hinaus wird es sich durch Verbindungen mit Brasilien, Argentinien usw. in nicht allzuferner Zeit zu einem panamerikanischen Flugnetz erweitern. [M 238]

Berlin K. Rühl

Der Lagen- und Kurvenanzeiger „Gyrorektor“

Wenn es gelänge, mit geringfügigem Gewichtaufwand Einrichtungen für Flugzeuge zu schaffen, die selbsttätig jedes Hängen beim Geradeausflug und Schieben in den Kurven bereits beim Entstehen durch eine entsprechende Einwirkung auf die Steuervorrichtungen ausgleichen, so würde die Fluggeschwindigkeit vergrößert und der Flugzeugführer besonders bei Nachtflügen und bei Flügen im Nebel und durch Wolken wesentlich entlastet werden. Zur Zeit begnügt man sich für diesen Zweck mit Meßgeräten, die dem Flugzeugführer die Flugzeuglage durch Kreisellote, Libellen und gewöhnliche Pendel anzeigen. Solche Geräte sind der Fliegerhorizont von Anschütz, der Horizontalkreisel der Askania-Werke und der Gyrorektor von Dr. Rosenbaum[1]).

Das letztgenannte Meßgerät nimmt hierunter eine Sonderstellung ein, weil bei ihm der Kreisel als Auslösevorrichtung einen Stützmotor steuert. Einrichtungen, die auslösend wirken, werden in der Meß- und Regeltechnik häufig verwandt. Erinnert sei an die Schieber der Dampfmaschinen, an den Flüssigkeitsstrahlregler der Askania-Werke, an die Selbststeuereinrichtungen für Schiffe, an das Flettnerruder, an die Verstärkerröhren und an viele selbstschreibende Meßeinrichtungen, wie z. B. die elektrischen Widerstandsdynamometer der Schleppversuchsanstalten und die selbstschreibenden Quecksilberbarometer der Firma Fueß.

In allen diesen Fällen hat eine durch einen kleinen Ausschlag oder eine geringfügige Wirkung ausgelöste Steuervorrichtung den eigentlichen Regelvorgang einzuleiten und damit zu erleichtern; gleichzeitig wird ein Pendeln um den genauen Meßwert oder die Gleichgewichtlage beim Hauptregelvorgang eingeschränkt oder auch ganz vermieden, was häufig von großem Vorteil ist. Beim Gyrorektor wird hierdurch ein aperiodisches Einschwingen des künstlichen Horizontes erreicht, und mit einem verhältnismäßig kleinen Kreisel werden gute Wirkungen erzielt.

Die Anlage besteht aus einem Gehäuse von 200 mm Breite, 210 mm Höhe und 174 mm Länge, in dem der Kreisel und der Stützmotor untergebracht sind, einer kleinen Dynamo zum Erzeugen von Drehstrom für den Kreiselantrieb und von Gleichstrom für die Beleuchtung der Skala, einem Windflügel aus Aluminium zum Dynamoantrieb und Zwischenleitungen mit Steckern. Der eigentliche Gyrorektor, der in einem Rahmen nach allen Seiten hin gut abgefedert ist, wiegt 5½ kg, der Stromerzeuger etwa 8 kg, der Windflügel 0,25 kg und die Zwischenleitungen 1,2 kg. Die ganze Anlage wiegt mithin rd. 15 kg.

Links außen am Gehäuse, das wetter- und spritzwasserdicht abschließt, ist eine Libelle zur Anzeige der Längsneigung des Flugzeuges angebracht. Die vorn am Gehäuse angeordnete Gradeinteilung hat unten eine Pfeilmarke, der sich beim Geradeausflug in richtiger Lage ein in der Querebene des Flugzeuges schwingendes Pendel gegenüberstellt. Außerdem schwingt innerhalb der Gradeinteilung der durch einen Strich angedeutete künstliche Horizont, unter dem ebenfalls eine Marke angebracht ist. Diese muß bei Kurvenflügen unter der Pendelspitze liegen, wenn ein Schieben des Flugzeuges nach außen oder innen vermieden werden soll.

Der Gyrorektor zeigt mithin alle erforderlichen Angaben zur Beurteilung der Flugzeuglage an. Er wurde u. a. von Roald Amundsen bei seinem Nordpolflug im Jahre 1925 und von v. Gronau beim vorjährigen Seeflugwettbewerb mit Erfolg benutzt. [N 374] W. S.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 921.

Flugzeuge der zehnten Pariser Luftfahrt-Ausstellung

Von Dipl.-Ing. F. Goßlau, Charlottenburg

Während bisher noch die überwiegende Mehrzahl der französischen Verkehrsflugzeuge aus Militärflugzeugen entstanden ist, sind Ansätze zum reinen Verkehrsflugzeugbau festzustellen — Amiot 150, das erste ausgesprochene Verkehrsgroßflugzeug Frankreichs in Metallausführung mit freitragendem Flügel — Fluggastkabinen — Neue Militärflugzeuge — Sonderflugzeuge für das Zusammenarbeiten mit Flugzeug-Mutterschiffen — Mehrzweck-Flugzeuge — Abnehmbare Triebwerksätze — Neue Wege im statischen Aufbau — Fahrgestelle und Federung — Metall-Knotenpunkte

Die französischen Konstrukteure sind noch immer zu sehr mit Rüstungsaufgaben überlastet, als daß sie sich dem Verkehrsflugzeugbau schon in gleichem Maße hätten widmen können wie die anderer Länder. Man war daher nicht überrascht, auch die zehnte Pariser Luftfahrt-Ausstellung im wesentlichen als eine Kriegsflugzeug-Parade, als eine militärisch-repräsentative Angelegenheit aufgezogen zu sehen.

Was man bisher von französischen Verkehrsflugzeugen kannte, war doch überwiegend für die Beförderung von Fluggästen kaum mehr als behelfsmäßig hergerichtetes Militärgerät. Aber man beginnt heute doch auch in Frankreich einzusehen, daß man damit auf die Dauer auf den zwischenstaatlichen Fluglinien nicht wettbewerbfähig bleiben kann, und Ansätze zum reinen Verkehrsflugzeugbau machen sich bemerkbar.

Abb. 1 Rumpfspitze des viermotorigen Farman-Bomben-doppeldeckers*).

*) Z. Bd. 69 (1925) S. 428.

Oben Maschinengewehrstand, darunter Kommandantenstand, rechts Bombenabwurfhebel, Meßgeräte, Karten- und Bildgerätschränke

18,0

RZ 271 Z 2

Abb. 2
Dreimotoren-Flugzeug Amiot P 150

RZ 271 Z 3

Abb. 3
Verkehrs-Großflugzeug Amiot 150. Gleichzeitige Verwendung von Stahl- und Duraluminrohren, freitragender Flügel, drei Hispano-Suiza-Motoren mit 1000 PS Gesamt-Triebwerkleistung. Links dahinter das Farman-Flugzeug 170 mit Ohrenkühler hinter der Kabine.

Abb. 4
Besson-Flugboot M B 36. Drei luftgekühlte 420 PS-Sternmotoren, Holzbauart, Spannweite 25 m, 14 Fluggäste.

Dreimotoren-Verkehrsflugzeuge

Ohne behaupten zu wollen, daß das Dreimotoren-Flugzeug nicht auch militärisch brauchbar sei, scheint es doch gerade für die Fluggastbeförderung wegen der guten Einbaumöglichkeit geräumiger Kabinen besonders geeignet und für die nächsten Jahre führend zu werden.

Es ist auffällig, daß sich bisher unter den französischen Verkehrs-Großflugzeugen trotzdem kein dreimotoriges fand, daß vielmehr das zwei- (Bleriot 165, Lioré 21) oder viermotorige (Farman-Jabiru und Goliath) das Feld beherrscht. Das erklärt sich daraus, daß die Verkehrsflugzeuge in Frankreich meist aus Militärflugzeugen entstanden sind, bei denen die Rumpfspitze, Abb. 1, taktisch zu wertvoll erschien, als daß man auf diesen ausgezeichneten Beobachtungs-, Schützen- und Befehlstand ohne Minderung der Kampfkraft zugunsten eines weiteren Motors glaubte verzichten zu dürfen.

So stellt denn der Amiot 150 (S. E. C. M.), Abb. 2, als dreimotoriges Kabinen-Großflugzeug in Metallausführung mit freitragendem Flügel einen Wendepunkt im französischen Luftfahrzeugbau dar. Dieses Flugzeug soll 14 Personen befördern und ist im Gesamtaufbau dem Rohrbach-„Roland" recht ähnlich. An dem ausgestellten Rohbau, Abb. 3, konnte man jedoch feststellen, daß in den Einzelheiten neue Wege beschritten wurden. So sind z. B. die beiden angesetzten Flügelhälften in gemischtem Metallbau ausgeführt und bestehen aus drei Hauptholmen, bei denen Ober- und Untergurt aus je einem Stahlrohr, die Diagonalversteifungen dazwischen aus Duraluminrohren hergestellt sind. Gemeinsame Verwendung von Duralumin und Stahl zeigt auch der Rumpf, dessen Knotenpunkte aus zweiteiligen gepreßten Stahlblechen ge-

Abb. 5 bis 8
Fokker F VII 3 m (Nordpolflugzeug). Drei luftgekühlte 200 PS - Sternmotoren, acht Fluggäste, zwei Führer, weiter Radstand, weiche Federung für Nachtlandungen. Dient auch als Sänitätsflugzeug, als Bombenwerfer und zum Torpedoangriff.

Abb. 9 bis 13
Bréguet XIX als Verkehrs-, Heeres- und Marineflugzeug. Klarer statischer Aufbau (s. Abb. 10 rechts).

ırmt und zwischen denen die Aluminiumrohre durch Nie-
ıng festgeklemmt sind.

Stahlblech-Kastenträger, durch Stahlrohre und -span-
ı mit dem Flügel und Rumpfgerüst verbunden, dienen als
ıterbau für die drei 350 PS-Hispano-Suiza-Motoren. Die
'ergaser und die ganze Zündanlage sind während des
ıuges zugänglich. Die beiden 900 l fassenden Brennstoff-
ıhälter bilden neben den beiden Seitenmotoren die Flügel-
rderkante und können bei Brandgefahr, zum Gewinnen
n Gipfelhöhe, oder — bei Ausfall eines Motors — zur
ıtlastung durch Schnellverschlüsse ganz oder teilweise
i kürzester Zeit entleert werden.

Wie weit nun dieses Flugzeug wirklich berufen ist,
.it den besten ausländischen (gemeint sind wohl die
utschen, deren augenfälligen Einfluß man kaum wird
ıgnen wollen) Verkehrsflugzeugen in den Wettbewerb
treten", wird sich erst nach längerem Flugbetrieb er-
eisen.

Als weiteres Dreimotoren-Flugzeug, das ebenfalls erst
Rohbau gezeigt werden konnte, ist das Besson-
lugboot MB 36, Abb. 4, zu nennen, das, gleichfalls
s Hochdecker gebaut, 14 Fluggäste befördern soll. Es
t bei einer Spannweite von 25 m einen Flächeninhalt
n 130 m². Der Flügel wie auch das einstufige, durch-
hend leicht gekielte Boot bestehen aus Holz. Für die
ei luftgekühlten Jupiter-Motoren in der Flügelvorder-
nte sind allerdings rumpfartige Stahlrohrgerüste in die
läche eingebaut, an denen auch die Anschlüsse für die
iden abnehmbaren äußeren Flügelteile angebracht sind.
e Schwimmsicherheit auf dem Wasser wird durch ziem-
h weit ausladende Hilfschwimmer erhöht, deren Ab-
itzung gegen Boot und Flügel als Unterzug für die
lächenholme anzusprechen ist. Diese Abstützungen wie

Abb. 14
Bréguet XIX als Marineflugzeug mit Metallschwimmern
(s. Abb. 49)

auch die der Motoren sind zwar statisch geschickt in den Gesamtaufbau eingeordnet, scheinen aber zu schwach und dürften den Beanspruchungen einer Landung selbst bei leichtem Seegang kaum gewachsen sein.

Viel beachtet wurde auch der dreimotorige Fokker F VII 3 m, Abb. 5 bis 8. Mit einem Flugzeug gleicher Bauart wurde im vergangenen Jahre der Nordpol überflogen. Es handelt sich hier um einen Hochdecker für acht Fluggäste und zwei nebeneinandersitzende Führer. Geschweißte Stahlrohre bilden den Rumpf; der Flügel ist vollständig aus Holz hergestellt. Das Flugzeug kann mit zwei Motoren noch starten und steigen und sich selbst mit nur einem laufenden Motor noch in der Luft halten. Es ist u. a. für Nachtflüge auf den Luftverkehrslinien gedacht; diesem Sonderzweck ist durch ein besonders breites, weich gefedertes Fahrgestell Rechnung getragen.

Verkehrsmäßig umgebaute Militärflugzeuge

Abgesehen von den vorgenannten, sind die meisten französischen Verkehrsflugzeuge meist nur durch Umbau des Rumpfes von Kriegsflugzeugen entstanden, wie z. B. die Bréguet-Limousine 26, Abb. 9 bis 11. Sie wurde aus dem Bréguet XIX, Abb. 11, einem der hochwertigsten, heute bereits in Fließarbeit am Band gebauten Metallflugzeug, entwickelt. Für Verkehrszwecke ist der Rumpf stark vergrößert, der Radstand des Fahrgestells verbreitert und der Führersitz in die Vorderkante des oberen Flügels gelegt worden. Diese bedenkliche Führersitzanordnung fand sich auch bei den Latécoère-Flugzeugen[1]), wurde aber später aufgegeben. Der 420 PS-Bristol-Jupiter ermöglicht die Beförderung von sechs Fluggästen. Der Bréguet XIX wird neuerdings auch als Marineflugzeug mit Metallschwimmern, Abb. 13, geliefert, deren Abstützung gegen den Rumpf neuerdings durch eine Diagonalschräge verstärkt wurde, Abb. 14.

Ebenfalls aus einem Militärflugzeug ist das zweimotorige Verkehrsflugzeug von Lioré & Olivier hervorgegangen. Das Flugzeug trägt als Bombenwerfer eine dreiköpfige Besatzung: einen Flugzeugführer vor den Flügeln sitzend, einen Schützen für die Rückendeckung und einen für den Bombenwurf in der Rumpfspitze.

Fluggastkabinen

Daß bei solchen Umbauten die berechtigten Ansprüche der Fluggäste fast immer unbefriedigt bleiben, wird kaum überraschen. In der Bréguet-Limousine ließen sich

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1110.

Abb. 15
Bréguet-Limousine. Schräge Schottenwand und freiliegende Bauteile stören die ruhige Raumwirkung. Enge Durchgangsöffnungen. Wandpolsterung.

Abb. 17
Farman F 171 — fliegt planmäßig Paris–Berlin. Freiliegende Spanndrähte, Verstrebungen quer durch die Kabine, keine Bewegungsmöglichkeiten für die Fluggäste. Sitze ohne Rücklehne.

Abb. 16
Lioré & Olivier. Die vom Bombenflugzeug übernommene Führersitzanordnung (in dem Verschlag links) zerreißt die Einheitlichkeit des Fluggastraumes. Rechts Einsteigetür.

Abb. 15 bis 17. Unzulängliche Fluggasträume französischer „Verkehrs"-Flugzeuge

Abb. 18
Nieuport 48. 400 PS-Hispano-Suiza, 273 km/h. Flächenholme: Duralumin, Rippen: Holz; Brennstoffbehälter (160 kg Inhalt) im Flügel, abwerfbar; 6500 m Höhe in 40′ 16″.

Abb. 19
Achsverkleidung als Flügelunterzug beim Jagdflugzeug Nieuport 48

aus Festigkeitsrücksichten schräge Schottwände und freiliegende Bauteile in der Kabine nicht vermeiden, Abb. 15. Bei Lioré zerreißt die vom Bombenflugzeug übernommene Führersitzanordnung die Einheitlichkeit des Fluggastraumes, Abb. 16. Man mag bei solchen Umbauten derartige Unzulänglichkeiten hinnehmen; daß sich aber selbst in ausschließlich und eigens für Verkehrszwecke entworfenen Flugzeugen, wie z. B. im Farman 171, Abb. 17, Holme, Streben und Spanndrähte derart in den Vordergrund drängen und die Sitze derart jede Bewegungsmöglichkeit der Fluggäste unterbinden dürfen, bleibt bei dem heutigen Stande der Luftverkehrstechnik unverständlich. Es scheint, als ob die fähigen Konstrukteure Frankreichs für friedliche Aufgaben noch keine Zeit haben; aber die Zeit, da es genügte, ein paar Sitzgelegenheiten in den Rumpf zu zwängen, ist heute vorüber, und man wird sich auch in Frankreich daran gewöhnen müssen, bei künftigen Verkehrsflugzeugen die Arbeit des Raumarchitekten vor der des Konstrukteurs beginnen zu lassen.

Militärflugzeuge

Einige Heeresflugzeuge seien kurz erwähnt: Nieuport Abb. 18 und 19, zeigte den ersten Vertreter einer „n e u e n" Richtung im Jagdflugzeugbau. Es soll eine Klasse vo Jagdflugzeugen geschaffen werden, bei der die Bewaff nung auf zwei Maschinengewehre beschränkt, der Brenn stoffvorrat erheblich gemindert und auf Brandschutz de Brennstofftanks verzichtet wird. Man sieht eigentlic nicht recht ein, was an diesem Bauplan neu sein soll. Ne ist vielleicht nur, daß man auch in Frankreich allmäh lich zu der Einsicht kommt, daß eben eine „Kugelspritze" als solche nicht dadurch wirksamer wird, weil sie fliege kann, und daß man mit vier Maschinengewehren in eine Jagdflugzeug vielleicht doch nicht auf dem richtigen Weg war. Das Flugzeug hat nur 19,38 m² Flügelfläche, ein Leistungsbelastung von 3,22 kg/PS und eine Flächen belastung von nicht weniger als 66,6 kg/m².

Der Metall-Anderthalbdecker A 2 von Descamps Abb. 20 bis 22, ist durch das Streben nach einfachen Bau formen und leichter Auswechselbarkeit schadhaft gewor dener Teile gekennzeichnet. Das Fahrgestell mit weite Radstand besteht aus zwei unabhängigen Teilen. Der klein Unterflügel ist vorwärts gestaffelt. Die Flächenholme Abb. 23, werden aus zwei genieteten Blechprofilen auf gebaut, und doppelte Duraluminrohr-Schrägen zwische beiden sichern eine außerordentliche Festigkeit der Flügel deren Vorderkante aus Duraluminblech hergestellt ist. Di Rippen sind aus Duralumin-U-Profilen zusammengesetzt Der statische Aufbau ist geschickt gelöst; das Flugzeug ist mit 230 km/h einer der schnellsten zweisitzigen Fern aufklärer.

Während Nieuport Metall, Holz und Stoff nebenein ander, Descamps nur Metall und Stoff verwendet, ist de Jagdzweisitzer Avimeta AVM 88, Abb. 24 bis 26, als Ganz metall-Flugzeug gebaut. Zur Verwendung gelangen nu offene Profile aus Alferium, einem Baustoff, der vo Schneider-Creusot geliefert wird und dem deutschen Dur alumin entspricht, und der auch die 0,3 mm dicke Flügel haut bildet.

Marineflugzeuge

Unter den Marineflugzeugen ist eine neue Bauart ent standen. Es handelt sich hier um Sonderflugzeuge, die au dem großen freien Deck der Mutterschiffe abfliegen un landen sollen. Sie sind gekennzeichnet durch eine schwimmfähigen Rumpf, Seitenschwimmer und ein meis abwerfbares Räderfahrgestell. Solche Flugzeuge hatt Levasseur ausgestellt, Abb. 27. Der Rumpf zeigt leicht Kielung. Zur Unterstützung der Schwimmfähigkeit sin unmittelbar unter den Flügeln Hilfsschwimmer angebracht Mittels einer besonderen Vorrichtung kann man den Pro peller bei einer Wasserlandung wagerecht stellen. Ein Wiederaufstieg aus dem Wasser ist selbstverständlich nich möglich, und daher ist ein Flugzeug, dem die Landung auf dem Mutterschiff nicht gelingt, völlig hilflos.

Abb. 20

Abb. 21

Abb. 22

Abb. 20 bis 22
Metall-Anderthalbdecker Deschamps A 2. Aufklärungsflugzeug mit 230 km/h.

Abb. 23. Flügel des Descamps A 2. Holme aus offenen Profilen genietet, Rippen aus U-Profilen, Schrägen aus Duraluminrohren.

Abb. 24

Abb. 25

Abb. 26

Abb. 24 bis 26
Ganzmetall-Jagdhochdecker Aviméta AVM 88. Alferium in offenen Profilen; Fahrgestell ähnlich Dornier-„Falke".

Abb. 27
Marineflugzeug von Levasseur. Für Verwendung auf Mutterschiffen mit schwimmfähigem Rumpf und abwerfbarem Fahrgestell ausgerüstet.

Aussichtsreicher erscheint demgegenüber die von Schreck verfolgte Bauart, Abb. 28, ein seefähiges Flugboot, das für Landungen auf Deck oder festem Boden mit Hilfsrädern versehen ist, die seitlich an den Unterflügel herangeklappt werden können. Eine ähnliche Bauart hat auch Cams herausgebracht, bei der besonders das Boot durch zweckmäßigere Form gefällt.

Filmvorführungen auf der Ausstellung sollten die Leistungen französischer Marineflugzeuge zeigen. Wenn aber die französischen Konstrukteure auf die hierbei vor-

Abb. 28
Flugboot, Bauart Schreck, mit seitlich hochklappbarem Hilfsfahrgestell. Starke Bugwelle beim Start.

Abb. 29

Abb. 30

Abb. 31

Abb. 29 bis 31
Mehrzweckflugzeug Fokker C V. Mit kleiner Zelle (28,8 m²) als Kampfzweisitzer und Fernaufklärer, mit großer (39,3 m²) als Infanterie- und Bombenflugzeug zu benutzen. Abnehmbares Triebwerk für zehn verschiedene Motorbauarten.

geführten Schönwettererfolge sehr stolz sind, so sollte man ihnen den Film vom deutschen Seeflug-Wettbewerb 1926 zugänglich machen. Übrigens zeigten gerade die Zeitlupenaufnahmen, wie notwendig das Studium der Boots- und Schwimmerformen ist.

Mehrzweckflugzeuge

Der Luftwaffe erwachsen in einem künftigen Kampfe eine große Reihe so verschiedenartiger Aufgaben, daß diese nur dann befriedigend gelöst werden können, wenn das einzelne Flugzeug auf den jeweiligen Verwendungszweck hin besonders zugeschnitten ist. Der Wunsch, mit geringstem Aufwand an Fluggerät ohne Minderung der Stoßkraft der Luftstreitkräfte auszukommen, wurde der Anlaß für den Entwurf von Mehrzweckflugzeugen, an denen am Rumpf mit Fahrgestell und Leitwerk das Tragwerk und der Motorvorbau austauschbar sind.

Abb. 32 bis 35
Koolhoven F K 35, je nach Zweck als Ein- oder Doppeldecker, Land- oder Seeflugzeug aufzurüsten. Maschinengewehrturm mit Schützensitz durch Schwungrad-Akkumulator drehbar. Fahrgestellfederung bis zu 30 cm.

Besonders hat sich Fokker mit der Durchbildung solcher Flugzeuge beschäftigt. So kann der oben als Verkehrsflugzeug beschriebene F VII 3 m auch noch andern Aufgaben dienen: als Sanitätsflugzeug, als Bombenwerfer und zum Torpedoangriff. Beim Bombenflugzeug wird ein Doppel-Maschinengewehr auf einem drehbaren Turm eingebaut; ein drittes Gewehr bestreicht das Schußfeld unter dem Rumpf nach hinten. Die Besatzung besteht in diesem Fall aus einem Flugzeugführer, einem Beobachter und einem Schützen. Drei luftgekühlte Sternmotoren von je 200 PS bilden das Triebwerk und gestatten die Mitnahme von 500 kg Bomben. Beim Torpedoangriff werden nur zwei Maschinengewehre eingebaut; die Besatzung wird auf zwei Mann vermindert. Der Torpedo darf 1000 kg wiegen.

In das Muster C V, Abb. 29 bis 31, können für drei verschiedene Zwecke zehn verschiedene Motoren eingebaut werden. Als Kampfzweisitzer hat C V einen Flächeninhalt von 28,8 m² und ist mit vier Maschinengewehren ausgerüstet. Für Fernerkundung sind größere Brennstofftanks und nur drei Maschinengewehre vorgesehen. Bei seiner Verwendung als Infanterie- und Tages-Bombenflugzeug wird eine größere Zelle mit

Abb. 36
Abnehmbares Motorgerüst von Letov, Prag

Abb. 37
Motorenanlage des Bréguet XIX mit ausschwenkbarem Kühler

Abb. 38
Auch Verbundwirkung!
Der Versuch, durch Benutzung der Achsverkleidung als Unterzug für den Flügel statische Vorteile zu gewinnen, ergibt bei Bechéreau ein außerordentlich verwickeltes Strebenwerk mit hohen Luftwiderständen.

Abb 39
Metall-Jagdhochdecker Mureaux 4 C 2. Verbundwirkung auf Kosten einfachen Aufbaues des Fahrgestells.

,3 m² Flächeninhalt angesetzt, und als Bewaffnung wer-n zwei Maschinengewehre und Bomben mitgeführt. Für le vier Aufgaben bleibt das Flugzeug ein Doppeldecker.

Koolhoven liefert demgegenüber die Bauart FK 35, bb. 32 bis 35, je nach Verwendungszweck als Tief- oder oppeldecker. Der ihm patentierte Maschinengewehr-rm wird im Bedarfsfalle durch einen Schwungradakku-ulator mittels einer Pedalsteuerung zusammen mit dem hützensitz als Ganzes gedreht.

Abnehmbare Triebwerksätze

Der abnehmbare Motoreinbau ist, wie man feststellen nnte, schon sehr verbreitet. Man kann daher verschie-n starke Motoren für die einzelnen Flugaufgaben ver-enden, ferner die Motoren bei etwa aufgetretenen Stö-ngen oder notwendig werdenden Überholungen schnell swechseln. Das Motorgerüst befestigt man am Rumpf eist an vier Gelenkpunkten durch Kugelpfannen, kege-e Bolzen oder Scharniere, Abb. 36.

Bei Verwendung wassergekühlter Motoren wird vor-ilhaft auch der Kühler an diesem Vorbau befestigt, wo-i man dann der Notwendigkeit einer Lösung der Kühl-sserleitungen beim Triebwerkwechsel enthoben ist. Die arken Temperaturschwankungen, die sich unter Um-änden im Flugbetrieb ergeben, haben fast allgemein dazu führt, daß man die Kühlerwirkung veränderlich ge-altet. Zu diesem Zweck wird der Kühler verschiebbar der schwenkbar aufgehängt und während des Fluges ehr oder weniger aus dem Rumpf herausgeschwenkt, bb. 37.

Die beim Farman 170 T gewählte Anordnung nes Ohrenkühlers hinten am Rumpf, Abb. 3, die eine Warmwasserheizung der Kabine ermöglicht, erscheint wegen der bedenklichen Länge und daher der größeren Störungsmöglichkeiten der Kühlwasserführung wenig glücklich.

Statischer Aufbau

Im Aufbau hat sich insofern allmählich eine Wandlung vollzogen, als man sich immer mehr daran gewöhnt hat, das Flugzeug statisch als Ganzes zu betrachten. Dabei wird bestimmten Bauelementen neben ihrem eigentlichen Zweck noch eine Zusatzaufgabe übertragen. Das widerspricht den im Maschinenbau üblichen Grundsätzen. Im Flugzeugbau aber, wo höchste Festigkeit mit geringstem Gewicht vereint werden muß, kann eine Abweichung von dieser Norm zweckmäßig sein, sofern dadurch die Klarheit der Kräfteleitung und die Einfachheit der Bauformen nicht leidet.

Daß beide Vorteile, Verbundwirkung und Einfachheit, nicht immer zusammen erreicht werden, zeigen die Konstruktionen von Bechéreau, Abb. 38, und Mureaux, Abb. 39. Beide haben versucht, das Fahrgestell zur Aufnahme der Flügelkräfte heranzuziehen, sind aber dabei zu einem derart verwickelten Aufbau gekommen, daß weder die rechnerische Erfassung der Kräfte vereinfacht, noch werkstattechnisch oder fliegerisch Verbesserungen erreicht wurden.

Die Schwierigkeiten bei der Heranziehung der Fahrgestellachse zum Flügelfachwerk liegen darin, daß im allgemeinen die Räder federnd aufgehängt werden, so daß ein fester Knotenpunkt außen an der Räderachse fehlt. Levasseur hat es bei seinem Kampfzweisitzer Bauart VI C 2 gewagt, ein völlig starres Fahrgestell vorzusehen, und kann nun die Abspannkabel einfach an der Radachse anbringen. Die Federung bleibt also auf die Ballonreifen beschränkt und setzt gut geschulte Führer voraus.

Ein Angriff der Flügelabstützung an der Achsverkleidung zwischen den Rädern, wie sie von Nieuport an seinem neuesten Jagdeinsitzer, der Bauart 48 C, Abb. 19,

Abb. 40
Exzentrisch gelagertes, in der Nabe federndes Rad von Blériot.

Abb. 41
Mureaux führt die Radachse in einem festen Rahmen mit Angriffspunkten für die Flügelstreben.

Abb. 42
Morane legt die Gummiringe in die Verkleidung der Fahrgestell-Streben.

Abb. 43
Fokker hängt einzelne Gummiringe V-förmig auf. Weiche Anfangs-, kräftige Endfederung.

Abb. 40 bis 43. Verschiedene Abfederungen der Räder

RZ271Z43a

Abb. 44
Aviméta Nabenfederung

RZ271Z44

Abb. 45
Knotenpunkt beim Metallflugzeug von Mureaux

benutzt wurde, kommt nur für kleine Spannweiten in Frage und führt auch hier schon zu immerhin nicht einfachen Knotenpunkten, deren zuverlässiger Aufbau an die Werkstatt keine geringen Ansprüche stellt.

Es waren wohl wenige Flugzeuge auf der Ausstellung, die sich an Klarheit und Geschicklichkeit der Kräfteführung mit dem Bréguet-Flugzeug, Abb. 10, hätten messen können: in den Einzelheiten Uhrmacherarbeit, im Gesamtaufbau überraschende Einfachheit! Auch hier sind die Abspannkabel des Unterflügels an der festen Fahrgestellachse angeschlossen; aber die Landungsstöße werden von einem in sich gefederten Rad aufgefangen, das Bréguet selbst entwickelt hat und das ihm solche Vorteile für den Aufbau seines Flugzeuges bringt, daß heute auch bereits andre Firmen sich mit der Konstruktion elastischer Räder zu befassen beginnen.

Fahrgestelle

Ein derartiges elastisches Rad zeigte auch Blériot, Abb. 40. Die Radnabe ist exzentrisch gelagert und der Schwingungswinkel durch Gummizüge begrenzt. Streben und Kabel können also an der festliegenden Schwingungsachse angebracht werden. Mureaux, Abb. 41, muß solche festen Punkte am Fahrgestell erst schaffen und zu diesem Zweck einen Rahmen bauen, in dem sich die Radachse führt. Die Anzahl der stoßaufnehmenden Gummiseile erscheint gegenüber andern Bauarten gering. Die Form des Ganzen ist ungefällig.

Recht geschickt ist die Federung von Morane, Abb. 42, gelöst. Acht kräftige Federringe von ausreichender Länge legen sich über zwei gegeneinander segmentartig abgestützte Joche, von denen das eine mit den Rädern durch eine Stoßstange in Verbindung steht. Die Federn sind in der Fahrgestellstrebe gut verkleidet und leicht zugänglich.

Bei Fokker, Abb. 43, sind derartige Gummiringe leicht **V**-förmig angeordnet und ergeben dadurch, daß ihr Winkel mit wachsender Durchfederung immer steiler wird, schneller zunehmende Federungskräfte. Schwache Stöße werden also weich aufgenommen. Die Auswechselung jedes einzelnen Gummiringes ist sehr leicht durc führbar. Man kann daher durch Wegnahm oder Zufügen von einzelnen Ringen di Federung der jeweiligen Belastung anpasse Abb. 44 zeigt die Nabenfederung von Av méta. Die Radachse ist mit einem Que träger verbunden, der auf einer Führun der Fahrgestellstreben auf und nieder gleite kann. Die Federung ist in das Rad selbs eingebaut.

Metallknotenpunkte

Den verschieden hohen Stand des Metall baues zeigen Gestaltung und Werkstattaus führung der Knotenpunkte. Bei Mureaux Abb. 45, erscheinen die Nietungen im Ve hältnis zu den Streben zu schwach. Entwur und Ausführung erwecken wenig Vertrauen S. E. C. M. geht bei dem Amiot 150 auch i den Knotenpunkten neue Wege, Abb. 46 Mehrteilige gepreßte Bleche umfassen die Rohre, di durch Nieten festgeklemmt werden. Knotenbleche un Rohre sind manchmal gemeinsam angesägt. Die en stehenden Streifen sind etwas eingedrückt und somit di Rohre gegen Verschiebung gesichert. Potez verwende in seinen einfachen, klaren Knotenpunkten, Abb. 4 und 48, je nach Beanspruchung Duralumin und Stah nebeneinander. Die Schwimmer des Bréguet XIX sin mustergültig durchgebildet und ausgeführt; aber für di Einzelherstellung zu teuer, Abb. 49. [B 271]

RZ271Z48

Abb. 49
Schwimmer des Bréguet XIX

Abb. 46
Amiot: Rohre zwischen gepreßten Blechschalen

RZ271Z46

Abb. 47

Abb. 47 und **48**. Potez: Duralumin, Stahl und Preßteile

RZ271Z47

Abb. 48

Abb. 46 bis **49**. Metallknotenpunkte

Spaltflügel-Flugzeuge

Von Prof. Dr. E. Everling, Berlin-Schlachtensee

Der Spaltflügel (Lachmann, Handley Page) bezweckt, den Auftrieb zu vermehren und die Landegeschwindigkeit zu vermindern — Untersuchung der Strömungsverhältnisse und der Wirksamkeit — Verschiedene Ausführungen — Anwendung auf die Steuerung

uftverkehr ist Schnellverkehr. Das Flugzeug muß beständig wattlose Schwebearbeit leisten, um sich in der Luft zu halten, d. h. es hat einen ößeren, ungünstigeren Gleitwinkel als Luftschiff, 'asser- und Landfahrzeuge aller Art, die durch statischen ıftrieb oder starre Stützung ihr Eigengewicht aufheben, eil es im Verhältnis zu seinem Gewicht einen höheren ıhrtwiderstand hat. Das bedingt größere Betriebskosten, so höhere Fahrpreise, die durch den Vorteil größter Zeitsparnis aufgewogen werden müssen.

Luftverkehr ist aber auch aus einem anderen Grunde hnellverkehr. Während bei allen anderen Verkehrstteln die Antriebleistung mit der dritten Potenz des 'iderstandes steigt — nur der Räderwiderstand wächst ıgsamer — nimmt die erforderliche Flugleistung in gessen Grenzen nur so wie die Geschwindigkeit selbst zu. ı nun die Brennstoffaufnahme der Flugzeit und der otorleistung verhältnisgleich ist, bleibt sie innerhalb rselben Grenzen von der Geschwindigkeit unabhängig, Gegensatz zu allen anderen Verkehrsmitteln. Könnte ın also die Geschwindigkeit beliebig steigern, so wäre s Flugzeug auch an Wirtschaftlichkeit seinen gas-, asser- oder erdgebundenen Mitbewerbern überlegen.

Drittens muß der Luftverkehr deshalb Schnellverkehr in, weil er von den Strömungen des Luftmeeres um so abhängiger ist, einen knapp bemessenen Flugplan also sto pünktlicher einhalten kann, je größer die Eigenschwindigkeit der Flugzeuge ist.

Der Steigerung der Geschwindigkeit stellen sich aber rschiedene Schwierigkeiten entgegen. Zunächst fordert ı Schnellverkehrs-Flugzeug stärkere, also schwerere otoren, deren Mehrgewicht auf Kosten der Nutzlast oder s Brennstoffvorrates, daher der Flugweite geht. Vor em aber führt die höhere Geschwindigkeit des Flugıuges, deren Ausnutzung zum raschen Verbinden zweier dpunkte noch durch die Wahl der geraden Luftlinie ohne icksicht auf die Bodengestaltung, die Land- und Wasserrteilung gefördert wird, nur dann zu einer wirklichen sparnis an Reisezeit, wenn die Flughäfen nicht zu weit n den Brennpunkten des Verkehrs entfernt sind, wenn so die Zufahrt nicht zu lange dauert. In der Nähe r Wirtschaftsknoten ist aber der Boden so kostbar, daß r Flugplätze nur beschränkter Raum zur Verfügung ht; daher ist von den Verkehrsflugzeugen kurzer And Auslauf, d. h. geringe Landegeschwindigkeit zu forrn. Das gleiche verlangt die Betriebsicherheit für den ıll von Zwischen- oder Außenlandungen, so daß das heinbar widersinnige „Fliegen heißt Landen" auch heute ıch voll gültig ist.

Die Forderung kleiner Landegeschwindigkeit ist aber vereinbar mit der natürlichen Bedingung hoher luggeschwindigkeit. Wenn die Leistung und damit das otorgewicht nicht übermäßig steigen soll, muß große hnelligkeit durch geringe Flächenbelastung erreicht rden, die ihrerseits wieder der Landegeschwindigkeit ne untere Grenze setzt. Während der gewöhnliche Flug i Auftriebbeizahlen unterhalb 0,5 vor sich geht, geben e gebräuchlichen Tragflügelschnitte keinen größeren ichstauftrieb als 1,8, strömungstechnisch günstige Foren sogar noch weniger. Damit ist die so notwendige Geswindigkeitspanne eng begrenzt. Vergrößern des Anellwinkels hilft hier nichts. Bei den gewöhnlichen Flugständen wächst die Beizahl des Auftriebes zunächst m Anblaswinkel des Luftstromes verhältig, dann aber hwächer, um bei etwa 15° den Höchstwert zu erreichen. eigert man den Anstellwinkel weiter, so reißt die Strömung , der Auftrieb läßt nach, das Flugzeug sackt durch. r Grund des Abreißens liegt darin, daß die strömende ıft in der Grenzschicht an der Oberfläche des Tragigels gebremst wird, also ihre Strömungsenergie verliert, so daß sie hinter der dicksten Stelle des Flügels, wo die Geschwindigkeit sich wieder in Druck umsetzen muß, den äußeren Gegendruck nicht mehr zu überwinden vermag.

Zur verkehrstechnisch so wichtigen Vergrößerung der Geschwindigkeitspanne gibt es daher zwei Wege: Einmal kann der eigentliche Flug im Gegensatz zu Abflug und Landung sich in größerer Höhe, also in geringerer Luftdichte vollziehen, wo bei gegebener Flächenbelastung die Geschwindigkeit größer ist und außerdem ein wirtschaftlicherer Anstellwinkel eingehalten werden kann. Doch ist dieser Weg erst gangbar, wenn die Höhenmotoren weiter entwickelt sind. In Bodennähe läßt sich die Fluggeschwindigkeit bei ungeänderter Landefähigkeit nur steigern, wenn die Flächenbelastung verringert und zugleich die Höchstauftriebbeizahl vermindert werden kann. Das gelingt, wenn das Abreißen der Strömung bei Anstellwinkelvergrößerung vermieden wird. Hierzu muß man der Grenzschicht Energie zuführen.

Um die Grenzschicht anzutreiben, kann man nun entweder an einen Schlitz der Flügelsaugseite ein Luftband ausblasen. Das bedingt eine Pumpleistung, die im allgemeinen vom Flugmotor aufzubringen wäre, also gerade dann nicht zur Verfügung stände, wenn man sie dringend braucht, nämlich bei Notlandung wegen Versagens der Motoren. Oder man muß beim Schnellflug einen anderen Flügelschnitt haben als bei Start und Landung, d. h. Verstellprofile[1]) verwenden. Ein dritter Weg besteht darin, daß man der Grenzschicht auf der Saugseite des Flügels, wo hohe Geschwindigkeit, also Unterdruck herrscht und daher die Neigung zum Ablösen am größten ist, Energie von einer Stelle zuführt, wo die Geschwindigkeit geringer, also die Strömungsenergie auch in der abgebremsten Grenzschicht noch als Druck vorhanden ist. Dies ist aber in unmittelbarer Nachbarschaft der kritischen Stelle an der Druckseite des Tragflügels der Fall; man braucht nur Kanäle durch den Flügel hindurchzulegen und dafür zu sorgen, daß in ihnen der Strömwiderstand nicht zu hoch ist; dann wird Luft von der Flügeldruckseite nach der Saugseite übertreten, dabei ihren

[1]) Herrmann, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 12 (1921) S. 147.

Abb. 1 bis 3
Wirkungsweise eines mehrfach unterteilten Flügelschnittes im Vergleich mit dem Profil Göttingen 422

Abb. 4 bis 6
Wirkungsweise eines Tragflügels mit verschiedenartig vorgelagertem Hilfsflügel

Druckenergieinhalt in Geschwindigkeit umsetzen und diese der Grenzschicht mitteilen, so daß sie erst später, bei einem höheren Anstellwinkel, abreißt und damit eine Vergrößerung des Anstellwinkels mit entsprechender Vermehrung des Höchstauftriebes gestattet[2]). Die Kanäle müssen wegen der seitlichen Ausdehnung des Strömungszustandes in der Praxis die Gestalt von Schlitzen erhalten.

Daß diese Überlegung richtig ist, zeigt Abb. 1 bis 3 (die Beizahlen sind das Hundertfache der üblichen Werte: Flächenbelastung geteilt durch Staudruck): Der Höchstauftrieb ist gegenüber dem Göttinger Profil 422 beim unterteilten Flügelschnitt von 1,36 bei 14,5 ° Anstellwinkel auf 2,18 bei 26,2 ° gestiegen, weil drei Schlitze der Grenzschicht auf der Saugseite Strömungsenergie von der Druckseite zuführen[3]). Gleichzeitig ist auch der Widerstand gewachsen, von 0,19 auf 0,41, also für den Flügel selbst um mehr als das Doppelte, für das ganze Flugzeug noch um etwa die Hälfte. Das ist durchaus erklärlich, denn die Energiezufuhr an die Grenzschicht muß durch eine Einbuße an Strömungsenergie, also durch eine Widerstandsvermehrung erkauft werden; es ist aber auch nicht so schädlich, denn beim Ausschweben vor der Landung ist hoher Widerstand für die Verkleinerung der Flugplätze ebenso bedeutsam wie die Verkürzung des eigentlichen Ausrollweges. Da aber gleichzeitig der Mindestwiderstand sich von 0,020 auf 0,045, also auch bei Hinzunahme des schädlichen Widerstandes beträchtlich erhöht, ist die Anordnung des Spaltflügels nur dann technisch verwertbar, wenn es gelingt, im gewöhnlichen Fluge die übliche Gestalt des Flügelschnitts, Abb. 3, wieder herzustellen. Dies ist bei einem dreifach unterteilten Flügelschnitt bei den hohen Beanspruchungen des Flügels durch die Biegemomente im Fluge sehr schwer.

Lachmann[4]), der Erfinder des Spaltflügels, hat aber einen Weg zur technischen Verwirklichung des Gedankens gegeben, der in seiner letzten Form nicht nur die Widerstandsvermehrung im gewöhnlichen Fluge, sondern auch andre Unzuträglichkeiten des großen Anstellwinkels, nämlich zu steile Anstellung des Rumpfes und zu starke Wanderung des Druckpunktes nach hinten und die damit verbundene Störung des Fluggleichgewichtes vermindert. Vor dem Hauptflügel, der ungefähr die Gestalt gebräuchlicher Flügelschnitte hat, wird ein Hilfsflügel aus Aluminiumblech oder mit ganz dünnem Profil derart angeordnet, daß er sich im Ruhezustand der Vorderkante des Hauptflügels glatt anschmiegt und diesen zu einem vorteilhaften Schnitt ergänzt, beim Landen aber den Auftrieb erhöht, Abb. 4 bis 6 (die Stellung 3 d in Abb. 5 bedeutet Abschluß der oberen Spaltöffnung[3]), wodurch indes nichts gewonnen wird). Abb. 6 zeigt, da das Moment um die Vorderkante abhängi vom Auftrieb durch Vorschieben des Hilfs flügels klein gehalten, also die mit der star ken Anstellwinkelvergrößerung verbunden Rückwanderung des Druckpunktes (Durch stoßpunktes der Luftkraftresultierenden durc die Flügelsehne) vermieden und damit Mo mentenausgleich und statische Längsstabilitä beim Landen günstig beeinflußt werden, ei Vorteil, der nicht einmal durch ein verwickel teres Getriebe für das Öffnen des vordere Spaltes erkauft zu werden braucht. Daß di Vorverschiebung des Hilfsflügels auch di Flügelfläche vergrößert, bedeutet eine weiter kleine Verminderung der Landegeschwindig keit.

Da ein Anstellwinkel von 26 ° zum Er reichen einer Auftriebbeizahl 1,95, Abb. 4, ein zu starke Schrägstellung des Rumpfes bein Ausschweben und damit unerwünscht Schwanzlandungen bedeutet, muß man solch Spaltflügel entweder im ganzen verstellba ausführen — diese Flügelsteuerung hat sic bisher nur bei Segelflugzeugen bewährt — oder aber au eine einfache Form von Verstellprofilen zurückgreifen Lachmann ordnet an der Flügelhinterkante außer de üblichen Querrudern an den Flügelenden über die ganz Spannweite Klappen an, die in der Landestellung herunter gezogen werden, so daß sie den Anstellwinkel des Flügel für sich vergrößern, aber außerdem auch die Profilwölbun erhöhen und damit den Auftrieb wie die Stabilität weite vermehren. Zwischen Hauptflügel und Klappe wird dabe ein weiterer Spalt vorgesehen, der die Hilfsflügelwirkun verstärkt.

Diese Gedanken sind in den letzten Jahren an eine Reihe deutscher und einigen ausländischen Flugzeuge

Abb. 7
Junkers-Tiefdecker T 29
mit Spalt-Hilfsflügeln längs der Hinterkanten in Landestellung mit geöffnetem Spalt

Abb. 8
Zeitungsflugzeug Albatros L 72 a mit Hilfsflügeln an den Flügelvorderkanten und Verstellklappen an den Hinterkanten in Start- und Landestellung

---

[2]) Betz, Berichte und Abhandlungen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt E. V. Heft 6 (Januar 1922) S. 23.

[3]) Untersuchungen über Tragflügel mit unterteiltem Profil; Abschnitt 8 aus L. Prandtl, Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen, II. Lieferung, München und Berlin 1923, S. 55 bis 64.

[4]) Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 15 (1924) S. 109 u. f.

Abb. 9

Abb. 9 bis 12
Einzelheiten des Getriebes zum Abheben des Hilfsflügels und Verstellen der Endklappe beim Hamlet-Hochdecker von Handley Page

Abb. 10 bis 12

technisch verwirklicht worden. Abb. 7 zeigt den Junkers-Tiefdecker, Baumuster T 29, der nur an der Hinterkante eine Klappe mit starker Spaltwirkung hat, in der Landestellung mit geöffnetem Schlitz[5]). Auch Heinkel hat die Spaltwirkung an der Hinterkante bei zwei Bauarten verwendet.

Hilfsflügel an der Vorderkante und Klappe an der Hinterkante sind vereinigt, also gewissermaßen dreiteilige Flügelschnitte verwendet bei einem Versuchsflugzeug von Udet[6]), bei dem ein längs der Spannweite verlaufendes Verdrehrohr, von einer Kurbel vor dem Führer betätigt, den Hilfsflügel vorschiebt und zugleich die Hinterklappe herabzieht. Ebenso wirkt der Albatros-Zeitungs-, Verkehrs- und Lastendoppeldecker[7]), Abb. 8, der an Ober- und Unterflügel dieselbe Einrichtung hat.

Der englische Flugzeugbauer Handley Page, der, unabhängig von Lachmann, etwas später auf ähnliche Gedanken gekommen war und mit dem deutschen Erfinder zusammenarbeitet, hat neuerdings bei seinem dreimotorigen „Hamlet"-Hochdecker[8]) eine ganz ähnliche Einrichtung getroffen, Abb. 9 bis 12: ein Verdrehrohr schiebt die vorn nochmals angelenkten Halter an Hebeln vor, Abb. 11, und zieht gleichzeitig die Hinterklappen an Zugstangen, Abb. 12, die an zweiarmigen geschlitzten Kniehebeln gelenkig befestigt sind, mittels kleinerer Hebel, an denen Stifte sitzen, Abb. 10, nach vorn.

So einfach diese Ausführungen sind, bedingen sie doch Mehrgewicht und eine Verwicklung im Aufbau des Flügels, der durch den Auftriebgewinn zur Zeit noch nicht aufgewogen wird. Denn wenn es gelingt, die Auftriebbeizahl etwa von 1,4 selbst auf 2,2 zu steigern, so wird damit die Landegeschwindigkeit nur im umgekehrten Verhältnis der Wurzeln, also um rd. 20 vH, herabgesetzt. Sogar wenn man beachtet, daß die Bewegungsenergie, die beim Ausrollen zu vernichten ist, sich im Verhältnis der Auftriebbeizahlen selbst, also um 36 vH, vermindert, ist der Gewinn noch nicht groß. Man darf aber von einer technischen Neuerung, die bisher ungangbare Wege weist, nicht verlangen, daß sie sogleich auch zum Endziel führt.

Eine recht vorteilhafte Anwendung des Spaltflügelgrundsatzes bietet sich, gleichfalls von Lachmann[9]) richtig erkannt, auf dem Gebiete der Steuerung. Bildet man die Querruder mit Spalten aus, die sich beim Herabziehen öffnen, beim Hochklappen dagegen verengen, so wird die Strömung am gewölbten Flügel, Abb. 13, sich anschmiegen, an dem durch Querruderausschlag gewinkelten Profil dagegen bald abreißen, Abb. 14, in jenem Fall also höhere, in diesem aber geringere Auftriebe geben als bei der üblichen Anordnung. Die Folge ist, daß die Querruder auch bei großen Anstellwinkeln, bei denen die Geschwindigkeit gering wird und die Gefahr des Trudelns eintritt, nicht nur ihre Wirksamkeit behalten, sondern auch die Selbstdrehung[10]) durch den Unterschied der Auftriebe an den Flügelenden verhindern können.

Bietet der Spaltflügel also Vorteile für die Steuerung, ist er außerdem aussichtsreich für die Verminderung der Landegeschwindigkeit, so darf man doch nicht glauben, daß auf diesem Wege die Aufgabe des „Kleinflugplatzes" gelöst werden könnte. Selbst wenn es gelänge, den Höchstauftrieb von 1,4 nicht nur um den bisher erreichten kleinen Bruchteil, sondern auf das Hundertfache zu steigern, würde damit die Landegeschwindigkeit eines mittelschnellen Flugzeuges statt 100 km/h immer noch 10 km/h betragen, also so schnell sein, daß das Abspringen gefährlich wäre. Die Landung auf einem Hausdach etwa könnte man damit, von Störungen durch den Wind ganz abgesehen, noch nicht betriebsicher gestalten. Hier müssen vielmehr Bodenvorrichtungen hinzutreten, wie sie gelegentlich vorgeschlagen wurden, brauchbare Gestalt aber noch nicht gewonnen haben. Dabei bleibt der Phantasie des Ingenieurs ein weites und Erfolg versprechendes Tätigkeitsfeld! [B 10]

[5]) „Luftfahrt" Bd. 29 (1925) S. 270.
[6]) Illustrierte Flugwoche Bd. 7 (1925) S. 477.
[7]) Lachmann, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 15 (1926) S. 199 und Illustrierte Flugwoche Bd. 8 (1926) S. 172.
[8]) „The Aeroplane" Bd. 31 (1926) S. 504.
[9]) Lachmann, Berichte und Abhandlungen der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt E. V. Heft 13 (Mai 1926) S. 86.

[10]) Bei großen Anstellwinkeln sind die Luftkräfte derart verteilt daß viele Flugzeuge sich etwa um ihre Längsachse zu drehen bestrebt sind (Autorotation). Die Drehachse sucht zur Flugzeugachse hin zu wandern (größtes Trägheitsmoment), wodurch großer Anstellwinkel damit auch mangelnde Steuerbarkeit und Trudelzustand aufrecht erhalten werden.

Abb. 13 und 14
Erhöhen der Querruderwirkung durch zwischengeschalteten Spalt und Hilfsflügel: Gegensatz zwischen gesenktem und gehobenem Querruder

Abb. 1
Dreimotoriges Junkers-Verkehrsgroßflugzeug, Baumuster G 31

Das Junkers-Verkehrsgroßflugzeug G 31

Das dreimotorige Junkers-Verkehrsflugzeug Baumuster G 31, Abb. 1, ist eine Weiterentwicklung des bekannten und bereits im zweijährigen Luftverkehr bewährten ersten Junkersschen Verkehrs-Großflugzeuges G 24[1]), dem es im allgemeinen äußeren Aufbau ähnlich ist.

Für die Konstruktion dieses Flugzeuges waren einige grundsätzlich neue Überlegungen maßgebend; daneben wurde eine Reihe von Erfahrungen aus dem praktischen Flugbetrieb des Baumusters G 24 verwertet und zahlreiche Verbesserungen, vor allem in betriebstechnischer und fliegerischer Beziehung durchgeführt.

Die erste grundsätzliche Überlegung bei der Entwicklung des Baumusters G 31 war, daß der Luftverkehr erst dann auf die Dauer wirtschaftlich werden und seine eigentliche Aufgabe erfüllen kann, wenn es gelingt, seine Möglichkeiten und Vorteile gegenüber andern Verkehrsarten wirklich auszunutzen, nämlich die schnelle und bequeme Überwindung großer Entfernungen. Voraussetzung dafür ist, daß einerseits die Betriebsicherheit, die fliegerischen Eigenschaften und die nautischen Einrichtungen des Flugzeuges so sind, daß es dem Flugzeugführer sicher und ohne zu große Anstrengung möglich ist, bei Tag und Nacht und jedem Wetter seine Strecke planmäßig zu durchfliegen, anderseits aber müssen auch die Fluggäste physisch in der Lage sein, lange Strecken ohne größere Unterbrechungen im Tag- und Nachtflug zurückzulegen. Man muß daher für größte Bequemlichkeit der Fluggäste, Ruhe- und Schlafmöglichkeit sowie für große, gesunde Räume, in denen die Fluggäste sich frei bewegen können, sorgen.

Für das oft recht umfangreiche Gepäck der Fluggäste ist der nötige Raum zu schaffen; daneben muß bei der ständig wachsenden Bedeutung des Luftfrachtverkehrs die Möglichkeit bestehen, das Flugzeug auch für reinen Frachtverkehr oder auch für gemischte Verwendung zu benutzen. Für die Unterbringung der schon recht zahlreichen Hilfsmaschinen, der Anlagen für drahtlose Telegraphie, für Bordbeleuchtung usw. ist ein besonderer Hilfsmaschinenraum vorzusehen.

Aus allen diesen Forderungen ergab sich bei dem Baumuster G 31 die Notwendigkeit, möglichst große nutzbare Räume zu schaffen. Solange die Abmessungen des Flügels noch nicht so sind, daß dort genügend große Nutzräume entstehen, muß der erforderliche Raum im Rumpf geschaffen werden. Dies bedeutete eine erhebliche Vergrößerung der Rumpfaußenmaße. Dagegen erhoben sich zunächst aerodynamische Bedenken. Durch Windkanalversuche (und entsprechende Formgebung des Rumpfes) gelang es jedoch, eine Form für den Rumpf zu finden, für die der Rumpfwiderstand in durchaus erträglichen Grenzen blieb und die auch den konstruktiven und fabrikatorischen Wünschen gerecht wurde. Die Flugversuche haben diese Erwartungen in aerodynamischer Hinsicht voll erfüllt.

[1]) Vergl. dieses Heft S. 626.

Zahlentafel 1

	Bauart G 24	Bauart G 31
Rauminhalt des Fluggastraumes einschl. Abort . . . . . . m³	12	21
Grundfläche desgl . m²	6,8	11,4
Inhalt der Gepäck- und Frachträume . . . m³	1 + 1,8 = 2,8	5 + 2 · 1,5 = 8
Grundfläche desgl. . m²	0,6 + 1,2 = 1,8	2,75 + 2 · 1,45 = 5,6
Hilfsmaschinenraum, Inhalt . . . . . . m³	—	1,45
Hilfsmaschinenraum, Fläche . . . . . . m²	—	0,51
Rumpfquerschnitt . m²	3,7	5,2

Zahlentafel 1 gibt einen Vergleich über die Raum- und Flächenverhältnisse der Nutzräume der Bauart G 31 und der Bauart G 24.

Die zweite grundsätzliche Forderung für ein Verkehrsflugzeug ist höchste Betriebsicherheit und Dauerhaftigkeit. Das Flugzeug muß die ihm gestellten Aufgaben mit größter Zuverlässigkeit und Regelmäßigkeit durchführen können. Es darf in der vorgesehenen Betriebzeit bis zum planmäßig festgesetzten Zeitpunkt der Überholung möglichst überhaupt nicht ausfallen; sämtliche betriebswichtigen und besonders die bewegten Teile müssen daher in der Konstruktion und Ausführung zuverlässig und dauerhaft, im Betrieb leicht zugänglich und wartbar sein; endlich soll die Betriebzeit bis zu einer Überholung möglichst lang, die Überholungszeit und -arbeit aber gering sein.

Wie alle Junkersschen Verkehrsflugzeuge ist das Baumuster G 31 ein Ganzmetall-Tiefdecker, die Anordnung der drei Motoren und sonstiger Aufbau und Unterteilung des Flugzeuges sind ganz ähnlich wie bei dem Baumuster G 24. Die Tragfläche ist geteilt in ein Tragflächen-Mittelstück, auf dem der Rumpf mit Mittelmotor und Leitwerk unmittelbar ruht, zwei Zwischenstücke, auf denen die beiden in der Flügelvorderkante eingebauten Seitenmotoren gelagert und in denen außerdem die gesamten Brennstoffbehälter untergebracht sind, und die beiden Außentragflächen. Wie bei dem Baumuster G 24, so hat man also auch bei dem Baumuster G 31 die alten Junkersschen Patente des unmittelbar belasteten Flügels mit über einen größeren Teil der Tragfläche verteilten Lasten angewendet. Der Rumpf selbst ist nochmals unterteilt in das eigentliche Rumpfmittelstück mit Führer-, Gepäck-, Hilfsmaschinen- und Fluggastraum, das Rumpfende und den mittleren Motorvorbau. Sämtliche Teile sind mittels leicht löslicher Verbindun-

Abb. 2. Führerraum

Abb. 3
Hilfsmaschinenraum

Abb. 5
Inneres des Rumpfes im Bau. Durch die Oeffnung im Boden ist der durchgehende Kanal für die Steuerzüge zugänglich

Abb. 6
Fluggastraum

ı verschraubt. Diese weitgehende Unterteilung erfordert ürlich Gewichtsaufwand, bringt jedoch für den Bau so ßer Flugzeuge außerordentliche Vorteile und ist für praktischen Betrieb, für die Handhabung, Unterstellung Hallen, Auseinanderbau bei Brüchen, für Beförderung Ausbesserung von ausschlaggebender Bedeutung.

Bei der Tiefdecker-Bauart sind Führer- und Fluggastime durch das darunterliegende starke Rohrgerüst und i ebenfalls untenliegenden durchlaufenden Gepäckräume etwaigen Bruchlandungen wirksamst geschützt, eine hrung, die sich in mehr als sechsjährigem Luftverkehr Junkers-Verkehrstiefdeckern immer wieder bestätigt Die Seitenmotoren sind so angeordnet, daß im Fall s Propellerbruchs lebenswichtige Teile des Flugzeugs Personen durch die abfliegenden Propellerstücke nicht offen werden können.

Als Baustoff ist zum weitaus größten Teil Duralumin vendet. Für geringer beanspruchte verwickeltere Formike sowie für Lagergehäuse, weniger wichtige Beäge usw. hat man Elektron- oder Siluminguß benutzt. Bei 30,3 m Spannweite, 16 m Länge über alles, 94,5 m² gelfläche, 1200 PS Motorleistung in Bodennähe, 7700 kg Fluggewicht (Reingewicht ohne Ausstattung 4920 kg, Gesamtzuladung einschließlich Ausstattung und Dienstfüllung 2780 kg), beträgt bei der Bauart G 31 die Flächenbelastung 81,5 kg/m² und die Leistungsbelastung 6,4 kg/PS.

Der Flügel ist in der Junkersschen Bauweise ausgeführt: das Tragwerk ist in mehrere räumliche Träger mit Rohrholmen als Gurtungen und Fachwerkstäben aus Blechprofilen oder Rohr aufgelöst; die räumlichen Träger sind gegeneinander abgestützt und durch die Wellblechdecke verbunden, die zugleich den Hauptverdrehungsverband bildet. Die einzelnen Teile des in ein Mittelstück, zwei Zwischenstücke und zwei Außenflügel geteilten Flügels sind durch Kugelverschraubungen verbunden, so daß man leicht und sicher die Flügelteile abbauen und austauschen kann.

Der statische Aufbau des Rumpfmittelstücks, das unmittelbar auf dem Flügelmittelstück ruht und aus Sicherheitsgründen besonders stark durchgebildet ist, besteht aus einem kräftigen Fachwerk mit Gurtungen und Schrägen aus Hohlprofilen und ist mit Wellblech verkleidet. Im Innern ist das Rumpfmittelstück durch Vollund Rahmenspanten ausgesteift. Auf den vorn liegenden Führerraum folgt der eigentliche Nutzraum, der in vier

Abb. 4
neres des Rumpfes im Bau. Durch Querwände, die in der Mitte den Durchgang freilassen, wird der Fluggastraum in drei Abteile getrennt

Abb. 8
Das Hochhub-Federbein

Abb. 7
Das Fahrgestell, bestehend aus je zwei Achshälften, Lenkerstreben, Federbeinen und Laufrädern

Abteilungen unterteilt ist: den vorderen Frachtraum, in dem eine Ecke als Hilfsmaschinenraum abgeschottet ist, dahinter die drei Fluggasträume mit Abort. Führer-, Fracht- und Fluggastraum sind durch Türen miteinander verbunden. Vom Fluggastraum führt eine Tür unmittelbar, die zweite durch den mit zwei Außentüren versehenen Gepäckraum nach außen.

Im Führerraum, Abb. 2, befinden sich die beiden Führersitze, davor die Handräder für Höhen- und Quersteuerung und die Seitenruder-Pedale. In der Mitte zwischen beiden Führern ist der Gerätetisch eingebaut mit den zahlreichen Überwachungsgeräten, doppelten Gashebeln, Zünd- und Anlaßschaltern, Benzin-Schalthähnen, Kühlerklappenregelung, Kühlwasserablaß, Feuerlösch-Betätigung für die verschiedenen Motoren, Taste für drahtlose Telegraphie, Schalter für Bordbeleuchtung usw. Die Höhenflossen- und Seitenruderverstellung mit ihren Anzeigeuhren, die Handpumpe usw. sind seitlich der Führersitze angeordnet. Vor jedem Führer wird je nach Bedarf ein Kompaß und Neigungsmesser eingebaut. Der rechts sitzende Flugzeugführer kann nach Wegnehmen der Rückenlehne seines Sitzes das Schaltbrett des hinter ihm im Hilfsmaschinenraum aufgehängten Gerätes für drahtlose Telegraphie bedienen

Im Hilfsmaschinenraum, Abb. 3, der vom vorderen Frachtraum durch eine besondere Tür zugänglich ist, sind außer der Anlage für drahtlose Telegraphie der Anlaßmotor mit seinem Kompressor sowie die Stromerzeuger für die gesamte Bord- und Nachtbeleuchtung untergebracht.

Der vordere Frachtraum ist von beiden Seiten durch eine große Tür von außen her zugänglich; eine Ecke ist durch ein leichtes, abnehmbares Gitterwerk für kleinere Gepäckstücke abgeteilt und kann für Postsäcke verschlußfest abgeschottet werden.

Der Fluggastraum, Abb. 4 bis 6, von vorn und hinten durch je eine Tür zugänglich, ist durch Querwände, die in der Mitte den Durchgang freilassen, in drei Abteile getrennt; in dem hintersten Abteil ist der Abort mit Waschgelegenheit abgeteilt. An jeder Seitenwand sind zwei gegenüberliegende bequeme Ledersessel angeordnet. Zwischen je zwei Sitzen sind zwei Schiebefenster aus nichtsplitterndem Triplexglas eingebaut, die durch Kurbelantrieb geöffnet und geschlossen werden können. Jedes Abteil ist besonders entlüftet; bei Dunkelheit sorgen je zwei elektrische Deckenlampen für genügende Beleuchtung und bei Kälte wird die Kabine durch eine Luftheizung erwärmt, deren Leitungen unter den Sitzen entlang geführt sind. Neben den elf Sitzen können im Bedarfsfalle noch vier Notsitze eingebaut werden. Für Nachtluftverkehr können die Sessel teilweise oder sämtlich durch zehn Betten ersetzt werden. Bei Kranken- und Verwundetenbeförderung kann man 15 Bahren unterbringen. Die Verkleidungen der Wände sind auf dünne Metallrahmen aufgezogen und zwecks Reinigung, Erneuerung oder Verwendung des Flugzeuges für reine Frachtbeförderung schnell und leicht herausnehmbar.

Unter dem Fluggastraum führt vom Führerraum bis zum Rumpfende ein durchgehender Kanal, in dem sämtliche Steuerzüge in doppelter Ausführung verlegt sind. Durch genügend große Klappen an sämtlichen Verbindungsstellen sind die gesamten Steuerungszüge und Anschlüsse unter dem Fluggastraum gut zugänglich und nachprüfbar, Abb. 5. Zu beiden Seiten dieses Kanals liegen unter den hinteren Fluggastkabinen die beiden hintere Gepäckräume, die von außen durch je eine große Klapp zugänglich sind. Durch die Anordnung der vorderen un hinteren Frachträume ist es möglich, das Flugzeug stet gut einzutrimmen, so daß auch bei stark wechselnder Be lastung keine großen Änderungen der Schwerpunktlage un damit der Stabilität auftreten.

Das Rumpfende zeigt konstruktiv den üblichen Au bau des Junkers-Wellblechrumpfes. Als Gurtungen sin neben der Wellblechdecke noch besondere Hohlprofile ein gezogen, als Schubverband dient in der Hauptsache die Well blechdecke, die im Innern durch Fachwerk-Rahmenspante versteift wird. Durch eine Klappe, die hinter der weg nehmbaren Rückenlehne der letzten Sitzreihe des Flug gastraumes liegt, ist das Rumpfende von vorn aus zugäng lich. Die Rumpfendspitze ist in Scharnieren abklappba so daß der gesamte Leitwerk- und Sporneinbau unmitte bar zugänglich ist.

Das Höhenleitwerk ist so groß bemessen, daß auc bei voller Beladung von Kabine und Frachträumen und we zurückliegendem Schwerpunkt das Flugzeug noch stabil is um die Maschine ihrer jeweiligen Belastung entsprechen im Gleichgewicht halten zu können, ist die Höhenfloss vom Führersitz aus im Fluge verstellbar. Das Höhen ruder ist ausgeglichen.

Das Seitenleitwerk ist in zwei Flossen und Rud unterteilt, wodurch eine erhebliche Verminderung de Seitenruderkräfte erreicht wurde. Das Flugzeug kann b Ausfall eines Seitenmotors bequem geradeaus gehalte werden und bleibt noch voll steuerfähig. Durch ein elastische Seitenruderverstellung wird der Führer b längerem Fliegen mit ausgefallenem Seitenmotor vo dauernden Austreten des Seitenruders entlastet.

Auf gute Durchbildung der S t e u e r u n g ist b diesem Flugzeug besonderer Wert gelegt worden. Fü sämtliche Ruderlager, Wellen- und Hebellager, Gelenke v Stoßstangen usw. sind einstellbare Kugellager verwende und selbst die Lagerungen der Höhenflosse sind kugell ausgebildet. Auf diese Weise gelang es, sämtliche Klem mungen in der Steuerung infolge Baufehler oder Verfo mungen im Betrieb zu vermeiden und eine außerordentli leichtgängige Steuerung zu erreichen; dazu wird die Leben dauer einer solchen Steuerung um ein Vielfaches erhö gegenüber der bisher üblichen Art der Lagerung; das bish so gefürchtete Ausschlagen der Steuerung wird bei Kuge lagern bei richtiger Ausführung kaum mehr möglich sei Zur Erhöhung der Sicherheit sind die Steuerleitungen fü Seiten- und Höhensteuer doppelt ausgeführt und zu Schutz gegen Beschädigungen und Störungen sowie zwec besserer Nachprüfung und Wartbarkeit in dem Steuerung kanal geführt.

Das geteilte, nicht durchgehende F a h r g e s t e l Abb. 7, ist äußerst einfach und besonders kräftig gehalte Jede Seite besteht aus einer Achshälfte, Lenkerstrebe u Federbein. Das Hochhub-Federbein gibt mit 30 cm W eine weiche Federung bei großer Arbeitaufnahme, Abb. Die Räder sind Scheibenräder eigener Konstruktion a Elektronguß mit Drahtreifen.

M a s c h i n e n a n l a g e. Drei Motoren mit einer G samtleistung von 1100 bis 1200 PS sind eingebaut. D Flugzeug kann mit einem ausgefallenen Motor in ve kehrsmäßiger Höhe noch wagerecht gehalten werde Die Motorräume sind durch brandsichere Schott nach rückwärts abgeschlossen. Ferner ist durch Bran schutz der Benzinleitungen, eine die gefährdetsten Stell beherrschende Feuerlöschanlage und sonstige Vorsicht maßnahmen weitgehend Vorkehrung gegen Brandgefa getroffen. Neben der Triebwerkanlage selbst sind au die Brennstoffbehälter und die Betriebstoff-Förderanlage unterteilt, daß bei Ausfall einer Gruppe die andere imm noch zur Aufrechterhaltung des Betriebes genügt. Ölb hälter und Fernumlaufzähler sind unmittelbar hinter d Motoren angeordnet, die sechs Brennstoff-Hauptbehält in den Flügelzwischenstücken untergebracht. Der Bren stoff wird über eine Hahn-Schaltbatterie durch Pr peller-Kreiselpumpen nach dem unter der Führerrau decke aufgehängten Fallbehälter gefördert und fließt v dort über ein Verteilerstück dem Vergaser mit natürlich Gefälle zu. Für den Abflug kann der Brennstoff dur Umschalten eines Hahnes auch unmittelbar von den Pu pen über ein Druckregelventil nach den Vergasern g fördert werden. Für die wassergekühlten Motoren werd Junkers-Lamellenkühler verwendet. Die Motoren werd mittels Druckluft angelassen. Der Hilfs- und Anlaßmot mit Kompressor ist im Hilfsmaschinenraum untergebrac Das gesamte Fassungsvermögen der Brennstoffbehälter trägt rd. 1300 l. [M 327] Gw.

Die Möglichkeit der Weltraumfahrt

Von H. Lorenz, Danzig

Prüfung der Möglichkeit des Abschusses und des Raketenfluges in den Weltraum mit Hilfe irdischer Treibmittel — Berechnung des Verhältnisses der anfänglichen zur endlichen Raketenmasse aus der verfügbaren Treibmittelenergie — Flugzeiten für verschiedene Abstände — Wirkungsgrade

Nachdem der uralte Traum der Luftfahrt durch die Flugtechnik infolge der Entwicklung starker Leichtmotoren in kurzer Zeit in Erfüllung gegangen ist, richten sich die Blicke vieler, darunter auch einzelner Ingenieure, auf das weitere Ziel der Befahrung des Weltraumes zum Zwecke des Besuches anderer Himmelskörper. Der Gedanke tauchte wohl zuerst in einer Erzählung Jules Vernes auf, der den Flug eines aus einem Rohr abgeschossenen, mit Menschen besetzten Hohlkörpers nach dem Monde schilderte; der bekannte Physiker und Philosoph Kurd Laßwitz beschrieb in seinem Roman „Auf zwei Planeten" die Fahrten von Raumschiffen, die durch Raketenwirkung getrieben und gesteuert werden. Diese Art der Bewegung liegt auch einigen neueren Schriften von Goddard[1]), Oberth[2]) und Hohmann[3]) zugrunde, die schon durchaus wissenschaftlich gehalten sind und teilweise bestimmte Bauvorschläge enthalten. Daran schließen sich auch gemeinverständliche Darstellungen, z. B. eine solche von Valier[4]), sowie Bestrebungen weiterer Kreise, die sich zur Verwirklichung dieser Pläne schon in einer „Gesellschaft für Weltraumforschung" zusammengefunden haben.

Angesichts dieser Sachlage dürfte eine nüchterne Prüfung der Ausführbarkeit der Weltraumfahrt an der Hand der Mechanik am Platze sein. Es handelt sich dabei um die Erhebung eines Körpers bis zu beliebigen Abständen von der Erdoberfläche oder aus dem Bereiche der Erdschwere überhaupt, ferner um die Bewegung im Raum und schließlich um die Rückkehr zur Erde, wobei der Widerstand beim Durchfahren der Lufthülle ein merkliches Hindernis in mechanischer und thermischer Hinsicht bildet. Wir wollen indessen hiervon vorläufig absehen und zunächst prüfen, ob die gewünschte und notwendige Erhebung im lutfleeren Raume mit den zur Verfügung stehenden irdischen Energiequellen möglich ist.

Da die Erde selbst im Raume fortschreitet und sich um eine Achse dreht, so hat der Ausgangspunkt schon eine bestimmte Geschwindigkeit mit einem in die Bewegungsrichtung des Raumfahrzeugs fallenden Anteil v_0. Wir betrachten daher einmal zwei Massen m_1 und m_2, mit der gemeinsamen Anfangsgeschwindigkeit v_0, die infolge einer zwischen ihnen wirkenden Kraft die absoluten Endgeschwindigkeiten v_1 und v_2 annehmen. Dann gilt für gleiche Richtung aller Größen v

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 - (m_1 + m_2) v_0 = 0 \quad . \; . \; . \; . \quad (1)$$

und für die hierzu nötige Arbeit

$$L = \frac{m_1}{2} v_1^2 + \frac{m_2}{2} v_2^2 - \frac{m_1 + m_2}{2} v_0^2 \quad . \; . \; . \; . \quad (2).$$

Fügen wir hierzu die mit v_0 erweiterte Gl. (1), so wird

$$L = \frac{m_1}{2} v_1^2 + \frac{m_2}{2} v_2^2 - v_0 (m_1 v_1 + m_2 v_2) + \frac{m_1 + m_2}{2} v_0^2$$

oder

$$L = \frac{m_1}{2} (v_1 - v_0)^2 + \frac{m^2}{2} (v_2 - v_0)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2a).$$

Die Arbeiten für die Änderung der Absolut- und der Relativbewegung stimmen also miteinander überein. Schreiben wir an Stelle von Gl. (1)

$$m_1 (v_1 - v_0) + m_2 (v_2 - v_0) = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1a),$$

so folgt aus Gl. (2a) durch Ausschalten von $(v_2 - v_0)$

$$L = \frac{m_1}{2} \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) (v_1 - v_0)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2b).$$

Aus Gl. (1a) ergibt sich ferner, daß für $m_2 = \infty$ $v_2 = v_0$ ist, womit sich die Arbeit in

$$L = \frac{m_1}{2} (v_1 - v_0)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2c)$$

vereinfacht. Dies trifft z. B. für den Fall des Abschusses von der Oberfläche des Erdballes zu, dessen Masse gegen die des Geschosses stets praktisch unendlich groß ist und daher keine Arbeit aufnimmt.

Befindet sich ein Körper zwischen zwei Himmelskörpern von den Massen m_1 und m_2 mit dem Abstand r vom ersten und $r_0 - r$ vom zweiten, Abb. 1, so unterliegt er einer Beschleunigung nach m_1 von

$$q = k \frac{m_1}{r^2} - k \frac{m_2}{(r_0 - r)^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3),$$

worin k die Gravitationszahl nach Gauß ist. Mit der Oberflächenbeschleunigung g auf m_1 vom Halbmesser a ergibt sich dann k aus

$$k m_1 = g a^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

so daß statt Gl. (3) auch

$$q = g a^2 \left[\frac{1}{r^2} - \frac{m_2}{m_1} \frac{1}{(r_0 - r)^2}\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3a)$$

gilt. Dieser Wert verschwindet für den neutralen Punkt r_1, gegeben durch

$$\frac{r_0 - r_1}{r_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}; \quad \frac{1}{r_1} = \frac{1}{r_0}\left(1 + \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}\right) \quad . \; . \; . \quad (3b).$$

Die Arbeit zur Hebung einer Masse m von der Oberfläche des Körpers m_1 bis zum Abstand r ergibt sich dann aus Gl. (3a) zu

$$L = m \int_a^r q \, d r = m \, g \, a^2 \int_a^r \left(\frac{1}{r^2} - \frac{m_2}{m_1} \frac{1}{(r_0 - r)^2}\right) d r,$$

$$L = m \, g \, a^2 \left[\frac{1}{a} - \frac{1}{r} + \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{1}{r_0 - a} - \frac{1}{r_0 - r}\right)\right] \quad . \; . \quad (5).$$

Setzen wir hierin $r = r_1$, so wird hieraus mit Gl. (3b) die Hubarbeit bis zum neutralen Punkt

$$L_1 = m \, g \, a \left[1 - \frac{a}{r_0} \left(1 + \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}\right) + \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{a}{r_0 - a} - \frac{a}{r_0} - \frac{a}{r_0} \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}\right)\right]$$

oder wegen $a \ll r_0$ hinreichend genau

$$L_1 = m \, g \, a \left[1 - \frac{a}{r_0} \left(1 + 2 \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} - \frac{a}{r_0} \frac{m_2}{m_1}\right)\right] \quad . \; . \quad (5a).$$

Abb. 1
Bewegung eines Fahrzeuges im Raum zwischen zwei Weltkörpern

[1]) Vergl. Rob. H. Goddard, A method of reaching extreme altitudes, Smithsonian Institute, Washington 1919.
[2]) Vergl. H. Oberth, Die Rakete zu den Planetenräumen, 2. Aufl. München und Berlin 1925, R. Oldenbourg.
[3]) Vergl. W. Hohmann, Die Erreichbarkeit der Himmelskörper, München und Berlin 1925, R. Oldenbourg.
[4]) Vergl. M. Valier, Der Vorstoß in den Weltenraum, München und Berlin 1925, R. Oldenbourg.

Mit $r_0 - r = b$ erhalten wir die Hubarbeit bis zur Oberfläche des Körpers m_2 vom Halbmesser b

$$L_2 = m\,g\,a\left[1 - \frac{a}{r_0 - b} + \frac{m_2}{m_1}\left(\frac{a}{r_0 - a} - \frac{a}{b}\right)\right]$$

oder wegen $b \ll r_0$

$$L_2 = m\,g\,a\left[1 - \frac{a}{r_0}\left(1 - \frac{m_2}{m_1}\right) - \frac{m_2}{m_1}\frac{a}{b} - \frac{a^2}{r_0^2}\left(\frac{b}{a} - \frac{m_2}{m_1}\right)\right] \quad (5b)$$

und schließlich mit $r = r_0 = \infty$ aus Gl. (5) die Gesamtarbeit zur Entfernung der Masse m aus dem Schwerebereich von m_1 allein.

$$L_0 = m\,g\,a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5c).$$

Nun ist für Erde und Mond

$$r_0 : a = 63; \quad b : a = 0{,}27; \quad m_1 : m_2 = 80; \quad \sqrt{m_1} : \sqrt{m_2} \approx 9;$$

also wird unter Vernachlässigung von $a^2 : r_0^2$ sowie von $\frac{a}{r_0}\frac{m_2}{m_1}$

$$L_1 = L_0\left(1 - \frac{1}{51{,}5}\right); \quad L_2 = L_0\left(1 - \frac{1}{16{,}1}\right) \quad \ldots \quad (6).$$

Man erkennt hieraus, daß durch die Mondanziehung an der Hubarbeit bis zum neutralen Punkt im Abstand $r_1 = \frac{9}{10} r_0$ rund 2 vH und bis zur Mondoberfläche wenig über 6 vH der Gesamtarbeit zur Entfernung aus dem Erdschwerebereich gespart werden. Diese Beträge sind so unerheblich, daß sie bei der Berechnung des Arbeitaufwandes außer Betracht bleiben können, insbesondere wenn es sich um die Erreichung anderer Weltkörper handelt, die sich praktisch außerhalb des Schwerefeldes der Erde befinden. In allen solchen Fällen muß also die durch Gl. (5 c) gegebene Hubarbeit $L_0 = m\,g\,a$ geleistet werden, der eine Änderung der kinetischen Energie derart entspricht, daß

$$2\,g\,a = w_0^2 - w^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

wird. Soll im Unendlichen $w = 0$ sein, so stellt

$$w_0 = \sqrt{2\,g\,a} = 11\,180 \text{ m/s} \quad \ldots\ldots \quad (7a)$$

die Geschwindigkeit dar, mit der ein Körper die luftfreie Erdoberfläche verlassen muß, um dem Bereich der Erdschwere zu entrinnen.

Soll diese Geschwindigkeit durch A b s c h u ß a u s e i n e m R o h r erreicht werden, so kann dies nur durch ein Treibmittel geschehen, dessen in mechanische Arbeit umwandelbare Energie, bezogen auf die Gewichtseinheit, wir mit h bezeichnen wollen. Es ist dies nichts andres als die Hubhöhe in m, auf die sich die Gewichtseinheit des Treibmittels durch die eigene Energie erheben kann. Da der Abschuß in einem Rohr erfolgt, so hat beim Verlassen der Geschoßmasse m_0 mit der Geschwindigkeit w_0 die Gesamtmasse m des Treibmittels, die dem Geschoß folgt, die mittlere Geschwindigkeit $\frac{w_0}{2}$, entsprechend der mittleren kinetischen Energie $\frac{m\,w_0^2}{6}$, so daß die Arbeitsgleichung besteht:

$$m\,g\,h = \frac{m\,w_0^2}{6} + \frac{m_0\,w_0^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

oder wegen Gl. (7 a)

$$\frac{m_0}{m} = \frac{h}{a} - \frac{1}{3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8a).$$

Da das Massenverhältnis positiv sein und bleiben muß, so besteht die Bedingung

$$h > \frac{a}{3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8b),$$

d. h. die freie Hubhöhe des Treibmittels muß größer sein als ein Drittel des Erdhalbmessers.

Zahlentafel 1

Treibmittel	Q WE/kg	h_0 km	h km	w m/s
$H_2 + O$	3550	1520	1010	4430
$C + O_2$	2930	1250	835	4048
Nitroglyzerin	1580	670	446	2950
Schießwolle	1100	460	306	2450

Zahlentafel 1 enthält die entsprechenden Werte für die stärksten beiden Treibmittel, nämlich Nitroglyzerin und Schießwolle, denen noch zwei ideelle, nämlich Wasserstoff mit Sauerstoff und Kohle mit Sauerstoff hinzugefügt sind. Darin bedeutet Q die gesamte Wärmetönung und h_0 den Arbeitswert, von dem aber nach den Erfahrungen der Ballistik nur $h = {}^2/_3\,h_0$ als freie Hubhöhe in Frage kommt, während mindestens ${}^1/_3\,h_0$ auf die von den Abgasen mitgeführte Wärme zu rechnen ist. Da nun $h < a : 3$ ist, so steht zur Zeit kein ausreichendes Treibmittel für den Abschuß mit der notwendigen Anfangsgeschwindigkeit zur Verfügung, womit dieses Verfahren überhaupt ausscheidet. Es hat darum auch keinen Zweck, etwa die Beschleunigungsverhältnisse mit Rücksicht auf die Rohrlänge oder den Einfluß der Luft zu untersuchen, die schon dem Austritt aus dem Rohr mit planetarischer Geschwindigkeit ein gewaltiges Hindernis durch scheinbare Vergrößerung der Masse m entgegenstellen, an der Bedingung Gl. (8 a) aber nichts ändern.

Wir gehen darum sogleich zur R a k e t e n w i r k u n g, d. h. zum Antrieb durch den Rückstoß der Abgase des Treibmittels über, deren relative Auspuffgeschwindigkeit wir mit w bezeichnen, während v die veränderliche Geschwindigkeit der durch den Gasaustritt ebenfalls veränderlichen Masse m gegen die Erde bedeutet. Ist dann wieder h die wirksame Hubhöhe des Treibmittels, so ist zunächst:

$$w^2 = 2\,g\,h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9).$$

Die dieser Formel entsprechenden Werte der Treibmittel sind ebenfalls in der Zahlentafel 1 eingetragen.

Außerdem aber dient der Rückdruck der mit der Geschwindigkeit w in der Zeiteinheit austretenden Gasmasse $w\,\mathrm{d}m : \mathrm{d}t$ zur Beschleunigung der Gesamtmasse m und zur Überwindung der Erdbeschleunigung; für radiale Bewegungsrichtung ist:

$$w\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} = -m\left(\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + g\frac{a^2}{r^2}\right) \quad \ldots\ldots \quad (10).$$

Erweitern wir diese Gleichung mit $\mathrm{d}r = v\,\mathrm{d}t$, so folgt:

$$w\,v\frac{\mathrm{d}m}{m} = -v\,\mathrm{d}v + g\,a^2\,\mathrm{d}\left(\frac{1}{r}\right) \quad \ldots \quad (10a).$$

Dafür dürfen wir aber auch unter Hinzufügen und Abziehen von $\frac{w^2\,\mathrm{d}m}{2} = g\,h\,\mathrm{d}m$ schreiben:

$$-g\,h\,\mathrm{d}m = m\,v\,\mathrm{d}v - \frac{\mathrm{d}m}{2}\left[(v-w)^2 - v^2\right] - m\,g\,a^2\,\mathrm{d}\left(\frac{1}{r}\right) \quad (10b).$$

Dies ist nichts als die E n g e r g i e g l e i c h u n g, wonach die linksstehende mechanische Energieentwicklung des Gasteilchens $\mathrm{d}m$ zur Änderung der kinetischen Energie von $\mathrm{d}m$ selbst sowie von m und zur Leistung der Hubarbeit im letzten Gliede rechts dient. Da Gl. (10 a) und (10 b) aber drei Veränderliche, m, v und r enthalten, so kann man wenigstens die linke Seite von Gl. (10 a) nicht ohne weiteres integrieren. Wir wissen aber, daß die Gesamtmasse m durch den Auspuff unter Zunahme der Geschwindigkeit v stetig abnimmt; also können wir mit einer noch unbestimmten Geschwindigkeit v_0 und der anfänglichen Gesamtmasse m_0 setzen

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\frac{v}{v_0}}, \quad \frac{\mathrm{d}m}{m} = -\frac{\mathrm{d}v}{v_0} \quad \ldots\ldots \quad (11),$$

womit Gl. (10 a) übergeht in

$$\left(1 - \frac{w}{v_0}\right) v\,\mathrm{d}v = g\,a^2\,\mathrm{d}\left(\frac{1}{r}\right) \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

und, integriert mit den Anfangsbedingungen $v = 0$, $r = a$ an der Erdoberfläche,

$$v^2 = \frac{2\,g\,a^2\,v_0}{w - v_0}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{r}\right) \quad \ldots\ldots \quad (12a)$$

ergibt. Für $r = \infty$ erhalten wir daraus die Endgeschwindigkeit

$$v_1^2 = \frac{2\,g\,a\,v_0}{w - v_0} \quad \text{oder} \quad v_0 = \frac{w\,v_1^2}{v_1^2 + 2\,g\,a} \quad \ldots \quad (12b).$$

Damit aber wird aus Gl. (11)

$$\frac{m_0}{m} = e^{\frac{v}{w}\left(1+\frac{2ga}{v_1^2}\right)} \quad \ldots \ldots \ldots (13)$$

und für $r = \infty$, also $v = v_1$,

$$\frac{m_0}{m_1} = e^{\frac{1}{w}\left(v_1+\frac{2ga}{v_1}\right)} \quad \ldots \ldots \ldots (13a).$$

Dieser Ausdruck erreicht einen Kleinstwert für

$$v_1^2 = 2ga$$

oder nach Gl. (12b)

$$v_0 = \frac{w}{2} \quad \ldots \ldots \ldots (13b).$$

Der Kleinstwert ist

$$\frac{m_0}{m_1} = e^{\frac{2v_1}{w}} = e^{\frac{2\sqrt{2ga}}{w}} = e^{2\sqrt{\frac{a}{h}}} \quad \ldots \ldots (13c),$$

während nach Gl. (12 b) und Gl. (13) allgemein gilt

$$\frac{m_0}{m} = e^{\frac{2v}{w}}, \quad v^2 = 2ga^2\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{r}\right) \quad \ldots \ldots (14).$$

Daraus folgt schließlich die Bahnbeschleunigung

$$\frac{dv}{dt} = v\frac{dv}{dr} = g\frac{a^2}{r^2}$$

und die durch den Rückdruck der Auspuffgase erzeugte Gesamtbeschleunigung

$$q = \frac{dv}{dt} + g\frac{a^2}{r^2} = 2g\frac{a^2}{r^2} \quad \ldots \ldots \ldots (15).$$

Diese stimmt mithin an der Erdoberfläche, d. h. bei Beginn der Bewegung, mit der doppelten Erdbeschleunigung g überein, was bei kurzer Wirkung auch für Fahrgäste im Liegen erträglich sein kann. Für die in Zahlentafel 1 enthaltenen Treibstoffe erhalten wir dann nach Gl. (13 a) die nachstehenden Werte:

Zahlentafel 2

Treibmittel	a/h	$2\sqrt{a/h}$	m_0/m_1
$H_2 + O$	6,37	5,05	156
$C + O_2$	7,63	5,53	252
Nitroglyzerin	14,28	7,56	1920
Schießwolle	20,82	9,10	8900

Daraus geht hervor, daß auch im günstigsten Fall und ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes nur ein verschwindender Bruchteil der ursprünglichen Raketenmasse dem Schwerefeld der Erde entrinnen kann; daran dürfte die Verwirklichung des Raketenfluges vorläufig scheitern.

Die Zeit vom Abfluge von der Erdoberfläche bis zu einem bestimmten Abstand r berechnet sich mit Gl. (14) in Verbindung mit $dr = v\,dt$ zu

$$dt\sqrt{2ga} = dr\sqrt{\frac{r}{r-a}} \quad \ldots \ldots (15a)$$

oder, integriert mit $t = 0$ für $r = a$,

$$t = \sqrt{\frac{a}{2g}}\left[\frac{r}{a}\sqrt{1-\frac{a}{r}} - \ln\left(\sqrt{\frac{r}{a}} - \sqrt{\frac{r}{a}-1}\right)\right] \quad (15b),$$

worin

$$\sqrt{\frac{a}{2g}} = 570 \text{ s}$$

ist. Damit erhält man für die Abstandverhältnisse

$\frac{r}{a}$ = 1, 2, 3, 4, 10, 25, 50, 63 (Mondabstand)

die Flugzeiten

t = 0, 21′ 55″, 34′ 10″, 45′ 25″, 1 h 47′ 20″, 4 h 15′, 8 h 15′, 10 h 21′.

Man kann schließlich nach Oberth (a. a. O. S. 29) den Triebstoffverbrauch und damit das Verhältnis $m_0 : m$ durch Abstellen der Verbrennung herabsetzen, wenn man sich mit einer geringeren Fahrtgeschwindigkeit begnügen will. Da von der Unterbrechung ab das Fahrzeug wie ein Geschoß sich selbst überlassen bleibt, so läuft dies auf eine Verbindung der beiden oben berechneten Fälle hinaus, s. Abb. 2. Die Verbrennung darf jedenfalls nicht

Abb. 2 Änderung der Wucht des Geschosses und der Rakete

eher abgestellt werden als die der Entfernung r_2 entsprechende Geschoßgeschwindigkeit erreicht ist, da das Geschoß sonst dem Banne der Erdschwere nicht entrinnen könnte. Für die radiale Geschoßgeschwindigkeit $v = \frac{dr}{dt}$ gilt nun:

$$\frac{dv}{dt} = -g\frac{a^2}{r^2}, \quad v\,dv = g\,a^2\,d\left(\frac{1}{r}\right)$$

oder mit dem Anfangswert $v_0 = \sqrt{2ga}$ an der Erdoberfläche

$$(v^2 - v_0^2) = 2ga^2\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{a}\right), \quad v^2 = 2g\frac{a^2}{r_2} \quad \ldots (16).$$

Setzen wir diesen Betrag in Gl. (14) ein, so folgt als Abstand vom Erdmittelpunkt im Augenblick der Unterbrechung

$$r_2 = 2a \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (16a),$$

d. h. der doppelte Erdhalbmesser. Damit aber wird

$$v^2 = ga; \quad v = 7900 \text{ m/s} \quad \ldots \ldots (16b)$$

und nach Einführung in Gl. (14) mit $w = \sqrt{2gh}$

$$\frac{m_0}{m_2} = e^{\sqrt{2\frac{a}{h}}} \quad \ldots \ldots \ldots (17).$$

Durch Vergleich mit Gl. (13 a) erkennt man, daß sich durch die Unterbrechung die Exponenten der Massenverhältnisse auf das $1 : \sqrt{2} = 0{,}7$fache vermindern. Wir erhalten demgemäß für die verschiedenen Treibmittel folgende Werte von $m_0 : m_2$, Zahlentafel 3:

Zahlentafel 3

Treibmittel	$m_0 : m_2$
$H_2 + O$	34
$C + O_2$	48
Nitroglyzerin	199
Schießwolle	582

Auch diese Werte schließen die Verwirklichung der Raketenfahrt völlig aus, ganz abgesehen von der für die Weltraumfahrt viel zu kleinen Geschwindigkeit, die dauernd unter 8000 m/s liegt und im Unendlichen verschwindet.

Der Gesamtwirkungsgrad für den Aufstieg ist das Verhältnis der schließlich geleisteten Arbeit $m_1 g\left(a + \frac{v_1^2}{2g}\right)$ zur Arbeit des vergasten Treibmittels $(m_0 - m_1)\,g\,h$, also

$$\eta = \frac{m_1}{m_0 - m_1}\,\frac{a}{h}\left(1 + \frac{v_1^2}{2ga}\right) \quad \ldots \ldots (18).$$

Dies ergibt für die Rakete mit dauernder Verbrennung, d. h. $v_1^2 = 2ga$, und mit Abstellung, d. h. $v_1^2 = 0$:

$$\eta' = \frac{2a}{\left(\frac{m_0}{m_1}-1\right)h}, \quad \eta'' = \frac{a}{\left(\frac{m_0}{m_2}-1\right)h} \quad \ldots (18a)$$

mit den Werten

Zahlentafel 4

	η'	η''	$\frac{a}{h} + 1$
$H_2 + O$	0,082	0,193	7,37
$C + O_2$	0,061	0,162	8,63
Nitroglyzerin	0,015	0,072	15,28
Schießwolle	0,0047	0,036	26,82

In die letzte Spalte sind noch die Massenverhältnisse $\frac{m_0}{m_2} = \frac{a}{h} + 1$ eingetragen, die dem Wirkungsgrad $\eta'' = 1$ der Rakete mit Abstellung und Verwandlung der ganzen verfügbaren Treibmittelarbeit in reine Hubarbeit entsprechen würden.

Dabei ist noch nicht berücksichtigt, daß der für die Rückkehr der Rakete zum Bremsen erforderliche Treibmittelaufwand nochmals ungefähr dasselbe Massenverhältnis bedingt wie das berechnete, wonach das Gesamtverhältnis der Massen der abgehenden und der zurückkehrenden Rakete sich wie das Produkt beider Werte ergibt und auf ganz unmögliche Zahlen führt.

Die vorstehenden Ausführungen erstrecken sich ausdrücklich nicht auf den Flug innerhalb der oberen Schichten der Lufthülle, da deren Zusammensetzung, Dichte und Einfluß auf die Bewegung vorläufig noch unbekannt sind. [B 196]

Luftfahrtechnische Fortschritte in England 1926[1])

Das Bestreben, die Entwicklung der Luftfahrt in neue Bahnen zu lenken, machte sich im Jahre 1926 in noch stärkerem Maße bemerkbar als in den vorangegangenen Jahren. So wurde z. B. bei dem „Autogyro" von Cierva[2]) und bei dem schwanzlosen Flugzeug von Hill[3]) grundsätzlich von der überlieferten Flugzeugbauart abgegangen. Cierva hat die üblichen Tragflächen durch einen großen Windmühlenflügel ersetzt, der sich frei um eine annähernd senkrechte Achse unter der auf gewöhnlichem Wege erzeugten Vorwärtsbewegung des Flugzeugs dreht. Die Vorteile dieses Flugzeugs sind ein mehr senkrechter Abstieg und Aufstieg und seine geringe Landegeschwindigkeit. Versuche mit einem 3 m großen Modell einer Auto-Gyro-Hubschraube wurden in England vom National Physical-Laboratory aufgenommen und einige Flugzeuge dieser Bauart sind vom Air Ministry zu Versuchzwecken gebaut worden. Durch die pfeilförmig nach hinten gestellten Tragflügel der Hillschen Konstruktion ist ein besonderes Leitwerk überflüssig. Bemerkenswerte Stabilität, zuverlässige Steuerbarkeit und gute Flugleistungen werden diesem Flugzeug zugeschrieben.

Die Anwendung des Magnus-Effekts für den Vortrieb von Schiffen durch Flettner war nicht ohne Einfluß auf die flugtechnischen Studien. Eingehende Versuche über die Verwendbarkeit von umlaufenden Zylindern an Stelle der Tragflügel sind angestellt worden, doch läßt sich zur Zeit noch nicht sagen, ob die Walze für Flugzeuge praktische Bedeutung gewinnt. An Walzenflügeln sind hohe Auftriebzahlen gemessen worden, es scheint aber, daß diese von entsprechend hohen Widerstandzahlen begleitet sind. Möglicherweise wird bei Großausführungen das Verhältnis von Auftrieb zu Widerstand günstiger, als es bei Modellen gefunden wurde.

Die Fortschritte in der Luftschiffahrt waren in zahlreichen Einzelheiten der Konstruktion der beiden großen englischen Luftschiffe R 100 und R 101 zu erkennen. Bedeutungsvoller sind aber die Mitteilungen der Zeppelingesellschaft über ihre Erfindung bezüglich des Antriebs des 130 000 m³-Luftschiffes, das jetzt für einen versuchsmäßigen transatlantischen Verkehr gebaut wird. Die Motoren werden nicht mehr mit Benzin, sondern mit einem Treibgas vom spezifischen Gewicht der Luft betrieben, das denselben Heizwert hat wie Benzin. Das neue Treibgas wird unter atmosphärischem Druck in dem Teil der Gaszellen mitgeführt, der früher zum Tragen der flüssigen Brennstoffmengen gebraucht wurde. In England, wo die Brauchbarkeit dieses Verfahrens zuerst angezweifelt wurde, geht man jetzt dazu über, das während der Fahrt überschüssig werdende Wasserstoffgas für den Betrieb der Motoren nutzbar zu machen. Eine andre bemerkenswerte Neuerung ist die Verwendung von Duraluminblech für die Luftschiffhülle[4]) und für die Gaszellen an Stelle von Stoff oder Goldschlägerhaut. Ein Ganzmetalluftschiff dieser Bauart ist bei der Aircraft Development Corporation im Bau.

Auch auf dem Gebiete des Flugmotorenbaues sind neue Wege beschritten worden. Hervorzuheben sind die Versuche mit einem Motor, bei dem die Tellerventile durch Schieberventile ersetzt sind. Durch diese Änderung kann die Neigung zum Klopfen vermindert, ein höheres Verdichtungsverhältnis und eine bedeutende Verbesserung des Wirkungsgrades erreicht werden, ohne daß dabei eine Erhöhung des Triebwerkgewichtes in Kauf genommen werden muß. Besondere Aufmerksamkeit wurde ferner der Entwicklung der Verbrennungsmaschine mit zweistufiger Expansion zugewandt. Nach Überwindung der hauptsächlich auftretenden Schwierigkeiten konnte zum Bau eines Versuchsmotors nach den Entwürfen von H. R. Ricardo geschritten werden. Der Schwerölmotor ist weiter entwickelt worden; die Fortschritte werden jedoch geheimgehalten.

Die in „The Engineer" enthaltene Aufzählung der im letzten Jahre herausgebrachten Flugzeug- und Motorenmuster muß insofern als unvollständig angesehen werden, als die neuesten, im Auftrage der britischen Regierung gebauten Heeres- und Marineflugzeuge nicht beschrieben wurden. Die eingehende Behandlung der zahlreich aufgeführten übrigen Flugzeuge gibt ein genügendes Bild über den Stand des Flugzeug- und Motorenbaues in England.

Das zweisitzige Militärflugzeug „Hendon" der Firma Handley-Page, Ltd., ist zum Tragen von Torpedos bestimmt und hat Spaltflügel[5]), wodurch die Landegeschwindigkeit um annähernd 30 vH verringert und der An- und Auslauf beträchtlich verkürzt werden. Der dreimotorige Eindecker „Hamlet" desselben Werkes ist ebenfalls mit Spaltflügeln versehen und kann bei Ausfall eines Motors ohne Höhenverlust weiterfliegen. Die Firma Short Bros., Ltd., hat ein großes Ganzmetall-Verkehrsflugboot für 15 Fluggäste fertiggestellt, das die Bezeichnung „Calcutta" trägt und von drei Jupiter M VI-Motoren von je 420 PS angetrieben wird. Das vollbeladene Flugzeug wiegt 9 t.

Über den von der Firma Hawiker Engineering Co. erbauten, mit einem 650 PS-Motor ausgerüsteten Militär-Doppeldecker „Hornbill", der als stärkster Kampfeinsitzer der Welt gilt, werden keine näheren Angaben gemacht. Der Übungszweisitzer „Vendace" von Vickers mit einem 290 PS-Rolls-Royce-Falcon hat derart gute Abflug- und Landeleistungen, daß Start und Landung auf dem Deck eines Schiffes ausgeführt werden können. Die Firma Westland Aircraft Co. ist mit der Weiterentwicklung des schwanzlosen Flugzeugs von Hill beschäftigt. Das erste Versuchsflugzeug dieser Bauart zeigte sich bei Geschwindigkeiten und Fluglagen noch steuerbar, bei denen man mit andern Flugzeugen nicht mehr sicher fliegen kann. Die Firma Bristol Aeroplane Co. betreibt neben der Flugzeugherstellung den Motorenbau. Der bewährte luftgekühlte Jupiter-Motor wird jetzt in drei Ausführungsarten geliefert, die je nach dem Verdichtungsverhältnis 420 bis 470 PS leisten. Der neue wassergekühlte 6 Zylinder-Reihenmotor „Nimbus", der von der A. D. C. Aircraft Co. gebaut wird, leistet bei 1600 Uml./min 335 PS. Sein Leistungsgewicht beträgt nur 0,9 kg/PS.

Das Ganzstahlflugzeug „Siskin" der Firma Armstrong-Whitworth Aircraft, ein Kampfeinsitzer mit überverdichtetem 400 PS-Jaguar-Motor, erreicht in seiner neuen Ausführung in Bodennähe und in 6500 m Höhe eine Geschwindigkeit von 230 km/h, während in 3300 m 250 km/h entwickelt werden. Aus demselben Werk ist auch das Groß-Verkehrsflugzeug „Argosy" hervorgegangen, das auf verschiedenen englischen Luftverkehrslinien eingesetzt ist und 20 Fluggäste befördern kann. Das Gesamtgewicht dieses Flugzeuges beträgt 8200 kg einschließlich einer zahlenden Last von 2050 kg. Die drei Jaguar-Motoren von zusammen 1200 PS verleihen dem großen Doppeldecker eine Höchstgeschwindigkeit von 165 km/h und eine Reisegeschwindigkeit von 140 km/h. Ein Flugzeug, das sich durch besonders gute Steigfähigkeit auszeichnet, ist der Kampfeinsitzer „Gambet" der Firma Gloster Aircraft Co. Mit einem Jupiter M VI-Motor steigt dieser Doppeldecker in 3 min auf 1500 m, in 7 min auf 3000 m und in 11 min auf 4500 m. Als Gipfelhöhe wird 7700 m angegeben. Von Bedeutung ist schließlich, daß man in England immer mehr zum Metallbau und zur Verwendung von Metalluftschrauben übergeht.

Berlin [N 222] Br.

[1]) „The Engineer" Bd. 143 (1927) S. 19 u. f.
[2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1422.
[3]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 674.
[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1690.
[5]) Vergl. S. 647.

RZ375Z1

Abb. 1
Viellampenfeuer für Flughäfen

RZ375Z2

Abb. 2
Drehspiegelfeuer für Flughäfen

RZ375Z3

Abb. 3
Tauchlichtlaterne zur Kennzeichnung von Nachtflugstrecken

Leuchtfeuer für Fluglinien und Flugplätze

Für den nächtlichen Flugzeugverkehr ist ein Netz von Leuchtfeuern erforderlich. Zweierlei Anlagen sind hierbei zu unterscheiden. Die einen dienen zur Kennzeichnung eines Flughafens oder einer Flugstrecke, die andern zur ausreichenden Beleuchtung des Flugplatzes.

Jedes einzelne Leuchtfeuer sollte sich von den andern unterscheiden, damit der Flugzeugführer genau weiß, an welchem Ort er sich befindet, wenn ein Leuchtfeuer auftaucht. Besonders die Flugplätze müssen so gekennzeichnet sein. Für diesen Zweck kommt Leuchtschrift in Frage, wie sie z. B. in Amerika auf den Dächern der Bahnhofanlagen angebracht ist, ferner Licht in verschiedenen Farben oder solches, dessen Lichtkegel in bestimmter Weise geführt wird. Hierzu dienen Bewegungsvorrichtungen der Lichtquelle, Schalter, Spiegel und Blenden. Derartige Anlagen sind bei den Leuchtfeuern für den Seeschiffsverkehr auch hinsichtlich der Art der Lichtquelle und ihrer Bedienung weitgehend durchgebildet worden, sie können jedoch nicht ohne weiteres für den Luftverkehr übernommen werden, weil die Sicht vom Flugzeug und Luftschiff anders als vom Schiff aus ist.

Natürlich muß auch bei Leuchtfeuern für Flugplätze und Fluglinien die größte Lichtstärke nach dem Horizont gerichtet sein; während aber die Seefeuer ihr gesamtes Licht von einer möglichst hoch zu wählenden Stelle aus nach dem Horizont richten, muß bei Leuchtfeuern für den Luftverkehr ein Teil des Lichtes auch nach oben gelenkt werden. Die Lichtquelle selbst braucht bei diesen Feuern an sich nicht so hoch über den Erdboden gelegt zu werden wie bei Seefeuern, wenn nicht aus andern Gründen eine möglichst hohe Lage erforderlich ist. Jedenfalls bedingt die über größeren Städten lagernde Dunstschicht, die im Widerschein der Stadtbeleuchtung leuchtet, in der Nähe solcher Städte äußerst lichtstarke Ansteuerungsfeuer. Ihre Sichtweite wächst erfahrungsgemäß mit der Größe des leuchtenden Bildes.

Um die Bildfläche zu vergrößern, hat die Firma Julius Pintsch A.-G. ein sogenanntes Viellampenfeuer für Flughäfen konstruiert, Abb. 1. Es besteht aus 96 Metallfadenlampen, die in ganzer Höhe auf dem halben Umfang verspiegelt sind. Jede Lampe verbraucht 50 W und hat in der wagerechten Ebene 350 HK Lichtstärke. Die Gesamtlichtstärke solch eines Feuers beträgt nach jeder Richtung etwa 17 000 HK, die Sichtweite bei klarem Wetter rd. 60 km. Durch einen Motorschalter können Morsezeichen oder einfaches Blinklicht erzeugt werden.

Eine andre Kennung erhält man, indem man den Lichtstrahl im Kreise wandern läßt. Hierzu dient das Drehspiegelfeuer von Julius Pintsch für Flughäfen, Abb. 2. Es besteht aus einer gasgefüllten Bildwerferlampe von 3 kW Stromverbrauch, einer liegenden, geschliffenen Fresnelschen Scheinwerferlinse von 150 mm Brennweite und 630 mm Dmr., die die Strahlen parallel ordnet und auf einen unter 45° gegen den Horizont geneigten, um die senkrechte Achse drehbaren Spiegel wirft, ferner aus Blenden und dem Motorschalter.

Der obere Teil des Spiegels ist eben und der untere Teil so gekrümmt, daß die Strahlen zu einem geringen Teil auch nach dem Zenith zu zurückgeworfen werden. Die Drehung wird so geregelt, daß der Flugzeugführer von seinem Standort aus in bestimmten Zeiträumen einen Lichtblitz wahrnimmt. Durch Blenden können dabei Lichtblitze ausgeschaltet werden, wodurch die Anzahl der Kennungen vergrößert werden kann.

Die Leuchtfeuer für Fluglinien können lichtschwächer sein, weil sie auf der Flugstrecke im Dunkeln stehen. Für diesen Zweck hat die genannte Firma Tauchlichtlaternen ausgebildet, Abb. 3, die elektrisch betrieben oder, wo kein Strom zur Verfügung steht, den Leuchtbojen entsprechend, mit Flüssiggas gespeist werden können.

Die Tauchlampe hat 500 bis 1000 W Stromverbrauch und eine geschliffene dioptrische Gürtellinse von 300 oder 375 mm Dmr. Die Lampe wird zur Ausführung der Kennung periodisch in 2 bis 4 s vom Brennpunkt aus nach unten und wieder zurück bewegt, wodurch ein über den ganzen Horizont reichender büschelförmiger Lichtschein entsteht, der von der Wagerechtfläche bis zu 30° nach oben

RZ375Z4

Abb. 4
Lichtbüschel einer Laterne der schattenlosen Pintsch-Beleuchtung für Nachtlandungen

wandert. Die Lampe brennt nur bei der Abwärtsbewegung und wird von einer durch einen Elektromotor angetriebenen Vorrichtung bewegt und geschaltet.

Die in wagerechter Richtung ausgestrahlte Lichtstärke beträgt mit einer Linse von 300 mm Dmr. und einer 800-Watt-Lampe 8000 HK mit 375 mm-Linse und 1000-Watt-Lampe 22 000 HK. Die Lampen werden in etwa 16 km Abstand aufgestellt, so daß auch bei nebeligem Wetter und 300 m mittlerer Flughöhe beim Überfliegen einer Lampe die nächste in Sicht kommt.

Während die Leuchtfeuer in der Nähe von Großstädten oft auf recht hohen Türmen, Schornsteinen und Gerüsten angebracht werden (der Berlin-Witzlebener Funkturm, der auch ein Leuchtfeuer trägt, ist rd. 130 m hoch), sind zur Beleuchtung der Landefläche von Flugplätzen möglichst niedrige Laternen erwünscht, die den landenden Flugzeugen kein Hindernis bieten dürfen. Sie werden daher zweckmäßig am Rande des zu beleuchtenden Platzes aufgestellt und möglichst niedrig ausgeführt. Die von Julius Pintsch für diesen Zweck vorgesehenen Lampen sind etwa 1½ bis 2 m hoch. Sie werfen einen in der wagerechten Ebene 90° weiten Lichtkegel, der in senkrechter Richtung etwas nach unten geneigt ist, Abb. 4. Acht im Kreise aufgestellte Lampen erzeugen eine schattenlos beleuchtete Fläche von 600 bis 1000 m Dmr. [M 375] W. S.

Anlage und Einrichtung des Flughafens Frankfurt a. M.

Etwa 3 km vom Hauptbahnhof Frankfurt a. M. in östlicher Richtung entfernt, liegt der etwas über 1 km² große Flugplatz der Frankfurter Flugplatz-G. m. b. H., der in den letzten Jahren zum Flughafen ausgebaut worden ist[1]). Dort sind schon im Jahre 1912 eine Luftschiffhalle für die Unterbringung des Luftschiffes „Viktoria Luise" und ein Werkstättengebäude errichtet worden. Die Luftschiffhalle mußte später abgerissen werden, und bei dem zunehmenden Luftverkehr wurde dann das Werkstättengebäude zur Aufnahme der Verkehrsflugzeuge und der Abfertigungs- und Überwachungsräume für den Luftverkehrsdienst hergerichtet.

Bald aber reichte diese Anlage nicht mehr aus; im Jahre 1925 mußten umfangreiche Erweiterungsbauten durchgeführt werden. Um nun nicht neue Gebäude errichten zu müssen, zog man einen Umbau der Gebäude des alten Gutshofes Rebstock, der in unmittelbarer Nähe des Werkstättengebäudes lag, für die Aufnahme aller Verwaltungs-, Überwachungs- und Aufenthaltsräume in Betracht. Bereits im Sommer 1925 konnten die Arbeiten aufgenommen werden, und ein Jahr später schon waren sie zum größten Teil durchgeführt. Der Hof lag im Überschwemmungsgebiet der Nidda. Da die Mauern gegen Grundwasser nicht isoliert waren, boten sich hier bei dem Umbau erhebliche Schwierigkeiten. Das teilweise sehr locker gefügte Mauerwerk der Gutsgebäude, die in ihrer Gesamtheit einen hakenförmigen Hof umschlossen, mußte künstlich gefestigt werden.

Fährt man jetzt von Osten her in den ehemaligen Gutshof ein, so liegt zunächst rechts der vierstöckige Kommandoturm mit 10 × 10 m² Grundfläche, in dessen Erdgeschoß die Diensträume des Flugleiters, der Flugleitung und das Sanitätszimmer untergebracht sind. Darüber liegt ein größeres Sitzungszimmer, im zweiten Stock haben der Funkdienst und im dritten Stock der Wetterdienst ihre Beobachtungs- und Diensträume. Von der darüber befindlichen Plattform mit geschlossenem Beobachtungsaufbau aus versieht die Luftpolizei den Landungsdienst. Außerdem stehen auf der Plattform Windmeßgeräte, eine Sirene u. a. Nach Westen schließt sich dann an diesen Turm ein 44 m langes einstöckiges Gebäude an, in dem ein Warteraum für die Fluggäste und ein Schalterraum für die Post- und Zollabfertigung von Fluggästen und Gepäck untergebracht sind. Es ist geplant, auf dieses Gebäude ein zweites Stockwerk zu setzen, das eine Anzahl Schlaf- und Aufenthaltzimmer für Fluggäste aufnehmen soll. Neben dem Warteraum, der eine kleine Gaststätte enthält, liegt sodann die Küche und weiterhin eine größere Gaststätte in einem Gebäude, das in den früheren Jahren als Speicher gedient hat. Im ersten Stock dieses Baues befindet sich ein Saal von ungefähr 26 × 13 m² Größe, der sich für Veranstaltung von Festlichkeiten, Versammlungen usw. gut eignet.

Die Flucht der Gebäude biegt sodann rechtwinklig nach Süden um, und an die Gaststätte schließen sich noch mehrere zweistöckige Gebäude in einer Gesamtlänge von 58 m an. Hier liegen zunächst ein Raum, der den Treppenaufgang zum Festsaal, Aborte und Garderoben enthält, und daran anschließend die Kellerräume für die Dienstwohnungen. Im Erdgeschoß des Flugzeugführerhauses sind ein Aufenthaltraum und ein Bad, im ersten Stock fünf Schlafzimmer für Flugzeugführer vorhanden. Der nächste Gebäudeteil enthält im Erdgeschoß einen Schlafraum und Unterrichts- und Geschäftsräume für die Flugwache und Geschäftsräume für die Fluggesellschaft. In den oberen Stockwerken wohnen der Flugplatzverwalter, der Flugleiter und der Direktor der Flugplatzgesellschaft.

Links neben der Einfahrt liegt das sogenannte Junkershaus, in dem die Geschäftsräume, die Luftbildabteilung und die Wohnung des Direktors der Südwestdeutschen Luftverkehrs-A.-G. untergebracht sind. Die Niederdruck-Dampfheizungsanlage für eine Spitzenleistung von 600 000 kcal/h, die in einem anschließenden Gebäude eingebaut ist, beheizt sämtliche Gebäude. Die danebenliegenden 27,4 m langen und 12,4 m breiten Gebäude sind vorläufig noch frei und können zu Erweiterungen benutzt werden. Im Süden wird der Hof durch ein Gebäude mit vier Garagen, einem Fahrradraum und einer Hauswerkstätte abgeschlossen. Alle diese Gebäude umschließen einen großen Hof mit Wagenparkplatz.

Etwas westlich von diesem Flughof liegt sodann eine 22 × 62 m² große Flugzeughalle mit hölzernem Hauptbinder, der eine 40 m breite Toröffnung überspannt. Die Halle bietet neun bis zehn einmotorigen Verkehrsflugzeugen Platz. Das frühere Werkstättengebäude enthält heute noch Werkstätten, Lagerräume und eine Heizanlage für dieses Gebäude und die Flugzeughalle.

Von der oben erwähnten Schalterhalle können die Fluggäste auf einen mit Hartbasaltplatten belegten Flugsteig bequem zu den Flugzeugen gelangen. Durch eine Tankanlage können hier auch mehrere Flugzeuge gleichzeitig mit dem nötigen Betriebstoff versorgt werden. Die Rollbahnen von der Flugzeughalle zu dem Flugsteig und die Plätze, an denen die abflugfertigen Flugzeuge aufgestellt werden, sind gleichfalls mit Hartbasaltplatten gepflastert. [N 415] Js.

[1]) „Deutsche Bauzeitung" Bd. 61 (1927) S. 233.

Schluß des Textteiles

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
3D. 71 SONNABEND, 14. MAI 1927 NR. 20

Dampfkraftanlage mit Benson-Kessel
im Kraftwerk der Siemens-Schuckertwerke

Von Dipl.-Ing. Wilhelm Abendroth, Berlin-Siemensstadt

Verdampfverfahren — Versuchsanlage — Armaturen — Hochdruck-Speisepumpe — Betriebserfahrungen und Versuchsergebnisse — Hochdruck-Dampfturbine — Schlußbemerkungen und Ausblick

Abb. 10
Gesamtansicht des Benson-Kessels

Abb. 11
Ansicht der eingebauten Rohrschlangen

Der Vorgang der Verdampfung besteht, rein auf den Wasserteil bezogen, aus Erwärmung des Wassers auf Siedetemperatur und aus Zuführung der Verampfwärme und Überführen des Wassers aus dem flüsigen in den Dampfzustand. Bei dieser Umwandlung im Vasser bilden sich Blasen, die von der Rohrwand durch ie Wasseroberfläche in einen Dampfbehälter geleitet erden müssen. In allen neueren Kraftanlagen wird der Dampf noch überhitzt. Die Schwierigkeiten der Verampfung liegen in der isolierenden Wirkung der bei der Verdampfung an der Rohrwand entstehenden Dampflase, die daher schnell abgeführt werden muß, damit die ohrwand nicht überhitzt wird. Weiter hat sich auf rund von Untersuchungen ergeben, daß, falls der Dampf en Wasserspiegel ohne Mitnahme von Wasser durchrechen soll, auf 1 m^2 Oberfläche nur rd. 380 m^3/h Dampf ntzogen werden können.

Die Technik hat nun nach Mitteln gesucht, gerade iese Schwierigkeit, die durch den natürlichen Wasserımlauf allein nicht überwunden werden konnte, zu meiern; eines der besten Mittel ist das Ausschleuern des Dampfwassergemisches, also eine beschleuigte Scheidung von Wasser und Dampf, z. B. beim Atmoskessel[1]). Solche Anlagen brauchen aber umlaufende dampfdichte Teile, namentlich Stopfbüchsen für verhältnismäßig hohe Temperatur und hohen Druck. Weitere Vorschläge beruhen auf der Anwendung von Drallstreifen oder ähnlichen Gliedern in den Wasserrohren, die dem Dampfwassergemisch ebenfalls eine Drehbewegung, jedoch im feststehenden Rohr, erteilen, und so die Trennung des Dampfes vom Wasser beschleunigen.

Andre Wege zur Überwindung der erwähnten Schwierigkeit haben die Schmidtsche Heißdampfgesellschaft[2]) und Prof. Löffler[3]) eingeschlagen. Diese Kessel verdampfen das Wasser in einer Trommel außerhalb des Feuerraumes und führen die Wärme mittelbar, beim Kessel der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft durch Wasser von hohem Druck und Innenheizung in der Hochdrucktrommel und beim Kessel nach Löffler durch hochüberhitzten Dampf, der in das Wasser der Hochdrucktrommel eingeblasen wird und die Überhitzungswärme zur Verdampfung abgibt.

Mark Benson hat dann vorgeschlagen, die Blasenbildung im Siederohr und die Ausdampftrommeln dadurch

[1]) Vergl. Z. Bd. 66 (1922) S. 633. Bd. 68 (1924) S. 139, Bd. 69 (1925) S. 169.
[2]) Hartmann, Hochdruckdampf, Berlin 1924.
[3]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1 u. f.

Abb. 1
Beziehung zwischen Druck und Wärmeinhalt des Wasserdampfes

ganz zu beseitigen, daß das Wasser bei kritischen oder überkritischen Verhältnissen verdampft wird. Die kritische Temperatur des Wassers liegt bei 374 °C, der zugehörige kritische Druck bei 224,2 at. Bei diesen Verhältnissen geht Wasser ohne Zufuhr von Verdampfwärme in Dampf über. Der Verdampfvorgang besteht dann nur noch im Vorwärmen des Wassers bis zur kritischen Temperatur und nachfolgender Überhitzung des Dampfes.

Der Vorgang kann am besten an der Hand eines Diagrammes, Abb. 1, verfolgt werden. Soll Dampf von bestimmtem Wärmeinhalt erzeugt werden, so ist aus der Linie *a* deutlich zu ersehen, wie sich die verschiedenen zuzuführenden Wärmemengen bei den zugehörigen Drücken verteilen. Der gesamte Wärmeaufwand, bezogen auf 1 kg Dampf, bleibt bei den heute gebräuchlichen Überhitzungen bis zu Drücken von 100 at und mehr nahezu gleich, nur verkleinert sich die Verdampfwärme zugunsten der Flüssigkeits- und Überhitzungswärme von einem Höchstwert bei 0 at bis auf null bei kritischem Druck.

Die Verdampfung nach Benson erfolgt so, daß man Wasser mit mehr als 224,2 at mittels einer Speisepumpe durch eine beheizte Rohrschlange drückt. Das Wasser erwärmt sich bei der Bewegung im Rohr infolge der Wärmezufuhr durch die Rohrwand auf 374 °C und geht dann ohne Aufkochen, jedoch bei fortschreitender Raumzunahme in Dampf über. In das Rohr muß immer eine bestimmte Wassermenge gefördert werden, wobei Wärmezufuhr und zu verdampfende Wassermenge miteinander in Einklang zu bringen sind.

Abb. 2 zeigt die Raumvergrößerung von 1 kg Wasser oder Dampf bei kritischem Druck, Abb. 3 den Verlauf der spezifischen Wärme und des Wärmeinhalts von 1 kg Wasser oder Dampf bei 225 at.

Der Arbeitsvorgang nach dem Bensonverfahren ist in Abb. 4 und 5 durch die stark ausgezogenen Linien dargestellt. Die Wassererwärmung bis zur kritischen Temperatur verläuft auf dem linken Schenkel der das Verdampfgebiet begrenzenden Linie, bis beim kritischen Druck im Punkt *a* der Dampfzustand erreicht wird. Hier befindet sich der Dampf aber in einem labilen Zustand, so daß eine kleine Drosselung, in Abb. 5 nach einer wagerechten Linie, sofort zum Abscheiden von 40 bis 50 vH Wasser führen würde. Daher wird der Dampf auf 400 °C überhitzt, Punkt *b*. Dann erfolgt die Drosselung bis auf die Gebrauchspannung, Punkt *c*. Infolge des Verlaufes der Sättigungslinie fällt hierbei die Temperatur des Dampfes erheblich stärker als bei entsprechender Drosselung im Niederdruckgebiet. Die Temperatur sinkt bei Drosselung auf 100 at auf 311 °C. Der trocken gesättigte Dampf wird nun nochmals auf 400 °C überhitzt, Punkt *d*.

Von diesem Punkt beginnt die Expansion im Hochdruckteil der Kraftmaschine bis zum Punkt *e*. Wollte man bis auf Kondensatorspannung expandieren, so wäre der Dampf in den letzten Stufen der Turbine so feucht, daß selbst besondere Schaufelbauarten aus nichtrostendem Baustoff frühzeitig abgenutzt würden. Aus diesem Grunde wird nochmals eine Zwischenüberhitzung bei 12 bis 35 at auf 350 °C vorgenommen und dann erst die Expansion bis zu Ende geführt[4]).

Zur Erprobung dieses Verfahrens wurde 1922 eine erste Versuchsanlage in England entworfen und 1924 in Betrieb gesetzt. Da der Dampferzeuger dort nur 4500 kg/h Dampf liefert, war die Herstellung einer geeigneten Kraftmaschine sehr schwierig. Trotz der geringen Dampfmenge gelang es, eine einfache de Laval-Turbine mit Dampf von 100 at und 400 °C bei 14 at Gegendruck zum Laufen zu bringen. Die Versuche mit der Turbine und Drosselversuche ergaben, daß der Dampf vollkommen wasserfrei war. Um schnell zu einem praktischen Ergebnis zu kommen, entschlossen sich die Siemens-Schuckertwerke, die an den Benson-Patenten interessiert sind, eine neue Versuchsanlage in ihrem eigenen Kraftwerk in Berlin-Siemensstadt zu erbauen. Die Anlage wurde Ende 1924 fertiggestellt und ist seit dieser Zeit etwa 2000 h zu Versuchszwecken unter Dampf gewesen.

Die Versuchsanlage

Für die Versuchsanlage wurde die erhöhte Dampfleistung von 10 000 kg/h bei 100 at und 400 °C an der Turbine gewählt. Den Entwurf und den Bau des Kessels übernahmen die Siemens-Schuckertwerke, während die Hochdruckturbine von der Firma Escher Wyß & Cie. ausgeführt wurde[4a]). Infolge des Platzmangels im Kraftwerk entstand der Gedanke, einen der vorhandenen Kessel dem

[4]) Die erste ausführliche Beschreibung des Bensonverfahrens hat P. W. Swain in „Power" Bd. 57 (1923) S. 796 bis 801 und 842 bis 846 veröffentlicht.
[4a]) Z. Bd. 71 (1927) S. 446 u. 595.

Abb. 2
Spezifisches Volumen von Wasser oder Dampf bei 225 at

Abb. 3
Wärmeinhalt *i* und spezifische Wärme von Wasser oder Dampf c_p bei 225 at

neu zu entwerfenden Hochdruck-Dampferzeuger als Speisewasservorwärmer vorzuschalten und so zu prüfen, ob man alte Kesselanlagen in Hochdruckanlagen umbauen könnte. Vorweg sei gesagt, daß dies nach den bisherigen Erfahrungen wohl möglich ist, aber nur unter besonders günstigen Bedingungen wirtschaftlich sein kann.

Soweit es die Kesselhaushöhe zuließ, wurde ein 1903 erbauter Borsig-Schrägrohr-Wasserkammerkessel von 13 at Betriebsdruck und 305 m² Heizfläche gehoben und darunter in den ersten Zug das Rohrsystem des Benson-Kessels eingebaut, s. Abb. 6 bis 8. Für die Versuchszwecke wurde für den Benson-Kessel Ölfeuerung gewählt, weil man eine erprobte, leicht regelbare und den beschränkten Raumverhältnissen angepaßte Feuerung brauchte. Sie wurde trotz des unwirtschaftlichen Ölpreises aus obigen Gründen anderen Arten von Feuerungen vorgezogen.

Die Berechnung ergab, daß in dem gehobenen Schrägrohrkessel das kalt eingespeiste Wasser auf 180 °C vorgewärmt wird. Bei der Verteilung der Hochdruckheizfläche mußte die starke Abstrahlung der Flamme berücksichtigt und daher der reine Gegenstrom durchbrochen werden. Den dem Verbrennungsraum zunächstliegenden Kesselrohren *a* (Strahlungsrohren) wird von der Hochdruckspeisepumpe das auf 180 °C vorgewärmte, zu verdampfende Wasser mit 230 at zuerst zugeführt. In diesen Rohren, die infolge der Vereinfachung für die Herstellung und den Zusammenbau ⅕ des Hockdruckteiles ausmachen, wird das Wasser über den kritischen Punkt, und zwar je nach der Belastung auf 370 bis 380 °C vorgewärmt oder als Dampf überhitzt. Das hocherhitzte Wasser oder der wenig überhitzte Dampf von 225 at wird nunmehr durch Umführungsrohre zum Ende des Hochdruckkessels geleitet und fließt nun entgegen dem Rauchgasstrom durch den zweiten Teil *b*, der ⅗ des Hochdruckkessels umfaßt; hierin wird der Dampf auf 400 °C überhitzt, danach gesammelt und in einem Drosselventil auf rd. 105 at entspannt. Für die Überhitzung des auf 105 at entspannten Dampfes von rd. 315 ° ist ein weiteres Fünftel des Hochdruckkessels notwendig. Dieser Teil *c*, der kurz „Überhitzer" genannt sei, liegt zwischen dem Strahlungsteil *a* und dem 225 at-Überhitzer *b*. Da in den letzten Teilen Wassererwärmung und Überhitzung erfolgt, seien diese kurz mit „Erhitzer" bezeichnet. Die Gesamtheizfläche des Hochdruckkessels $(a + b + c)$ beträgt 216 m².

Abb. 4
T-S-Diagramm des Arbeitsvorgangs nach dem Benson-Verfahren

Wie ersichtlich, hat der Benson-Kessel keine Dampf- und Wassertrommeln. Verdampfung, Überhitzung usw. erfolgen lediglich in Rohren von 20 mm Innen- und 32 mm Außendurchmesser. Für die Rohre wurde ein zäher Stahl mit möglichst hoher Festigkeit gewählt, dessen Streckgrenze auch bei höheren Temperaturen verhältnismäßig wenig abfällt. Mit Nickel oder Chrom legierte Werkstoffe für die Rohre zu verwenden, war nicht notwendig. Die Verbindung der Rohre zu einer Rohrschlange erfolgte durch überlappte Schweißung im Feuer, man kann sie aber auch mit derselben Sicherheit stumpf elektrisch oder nach dem Aluminium-(Thermit-) Verfahren schweißen.

Entsprechend den Dampf- und Wassergeschwindigkeiten mußten im 230 at-Wasserteil *a* je drei Rohre, im 230 at-Dampfteil je neun Rohre parallel geschaltet werden. Jedes der Rohrpakete, Abb. 9, besteht wieder aus drei parallel gewundenen, nach oben und seitlich gegeneinander versetzten Rohrschlangen, deren Ein- und Austrittflansche übereinander liegen. Zur Verteilung des Wassers oder Dampfes auf die einzelnen Rohrschlangen dienen dickwandige Rohre von rd. 70 mm l. W.; in diese sind Anschlußstutzen von 20 mm l. W. eingeschraubt und eingeschweißt. Die Verbindung zwischen diesen Verteilrohren und den einzelnen Rohrschlangen untereinander bilden mit Flanschen versehene Rohrenden und Rohrkrümmer von 20/33 mm Dmr.

Die Rohrschlangen sind ohne feste Verbindung mit dem Kesselgerüst gelagert, Abb. 9, so daß sich die ein-

Abb. 5
J-S-Diagramm des Arbeitsvorgangs nach dem Benson-Verfahren

Abb. 6

Abb. 7

Abb. 8

Abb. 6 bis 8
Höchstdruckkessel für 10 t/h Dampf

Dampfdruck im Erhitzer	225 at
„ am Kesselaustritt	100 „
Ueberhitzertemperatur	410 °C
Heizfläche des Vorwärmers	305 m²
Gesamtheizfläche des Hochdruckteils	216 „

a 230 at-Strahlungsrohre
b 225 at-Rohrteil, in dem der Dampf auf 400 °C überhitzt wird
c 100 at-Ueberhitzer auf 400 °C

zelnen Rohre frei ausdehnen können. Innerhalb des Feuerraumes sind die Rohre noch durch gußeiserne Bänder gegeneinander gesichert. Den Abschluß nach außen hin bildet eine einreihige, zwischen den Rohren liegende Schamottewand, die sich an die Auflager lehnt, Abb. 10 und 11, S. 657. Ursprünglich wurden die Flansche ähnlich den Normen für hydraulische Rohrleitungen auf die Rohrenden aufgeschraubt und noch verschweißt. Da sich die Schwierigkeit ergab, daß man die Linsendichtung beim Zusammenbau nicht beobachten konnte, wurde die Flanschverbindung, Abb. 12 entworfen. Zur bequemeren Handhabung und Beobachtung der Dichtung sind die Flansche mit dem Kragen zur Dichtungsstelle hin auf das Rohr lose aufgeschraubt. Erfahrungsgemäß bereiten bei solchen Abdichtungen nicht nur der Druck, sondern fast ausschließlich die Temperaturschwankungen Schwierigkeiten; diese wurden durch die längeren Schraubenbolzen und deren größere Vordehnung zum Teil vermieden.

Für größere Temperaturschwankungen werden unter die Muttern federnde Unterlagscheiben gelegt, die bis zu rd. 450 °C noch die volle Federspannung behalten müssen.

Mit dieser Anordnung, deren Aufbau und Herstellung verhältnismäßig einfach ist, war es möglich, allen Längenänderungen der Werkstoffe zum Trotz die Leitungen einwandfrei abzudichten. Die gleichen Rohrverbindungen wurden nach längeren Versuchen mit anderen Werkstoffen und Bauarten auch für die Dampfrohrleitung zur Turbine gewählt.

Armaturen

An Armaturen hat der Kessel die Absperrventile für die Speisung und den Dampfaustritt. Diese sind aus Stahlguß hergestellt und haben Kegel und Dichtungsringe aus Kruppschem nichtrostendem Stahl. Zum Abdichten der Ventilflansche dient die von Franz Seiffert, A.-G., vorgeschlagene umgekehrte Linsendichtung, zum Abdichten der Spindel Huhnsche Kupferringpackung. An den von Franz Seiffert, A.-G., gelieferten Ventilen haben sich bisher keine Schwierigkeiten ergeben.

Abb. 9
Rohrpaket für den Benson-Kessel

Abb. 12
Flanschverbindung für Hochdruckrohre

Wasserstandzeiger können an einem derartigen Kessel selbstverständlich nicht angebracht werden, da sich der Umwandlungspunkt von Wasser zu Dampf in den Röhren je nach der Belastung des Kessels verschiebt. Außerdem strömt Wasser und Dampf fortlaufend durch die Röhren. Das ergibt einen gewissen Druckabfall, der mindestens 1 at beträgt. Ein Wasserstandzeiger müßte jedoch außerhalb des Feuers parallel zu den Rohren geschaltet werden. Infolge des Druckabfalles würde dann ein Teil des Speisewassers über den Wasserstandzeiger in den Dampfteil gelangen und die Verdampfung stören. Als Ersatz für Wasserstandzeiger hat man einen Venturi-Mengenmesser in der Hochdruck-Speiseleitung angeordnet.

Der Heizer oder eine selbsttätige Regelung muß die Zufuhr von Brennstoff und Wasser in Einklang bringen und sie nach den jeweiligen Temperaturen berichtigen. Damit der kritische Druck von 224,2 at bei allen Belastungen in dem Erhitzer, Teil *a* und *b*, erhalten bleibt, sind bei *d*, Abb. 6, ein mit der Hand und ein selbsttätig gesteuertes Überströmventil hintereinander eingebaut. Das Handventil ist ein Eckventil aus Stahlguß mit Kegel und Sitz aus Kruppschem nichtrostendem Stahl, der sich auch durch hohe Verschleißbeständigkeit auszeichnet. Das zweite Ventil wird durch eine elektrische Übertragung selbsttätig gesteuert. Die Erstausführung dieses Reglers, der mit Isodromrückführung arbeitet, zeigt Abb. 13. Bei dem ebenfalls als Eckventil ausgebildeten selbsttätigen Überströmventil, Abbildung 14, ist durch die Form des Ventilkegels erreicht, daß die durchfließende Menge mit dem Hub verhältnisgleich ist. Außerdem sind zwei Sicherheitsventile mit Gewichtbelastung für 230 und 100 at vorhanden, die ungewollte Drucksteigerungen im Kessel sowie in der Speisepumpe verhindern.

Abb. 14
Überströmventil für 225 auf 105 at

Hochdruckspeisepumpe

Die Hochdruckspeisepumpe, Abb. 15, ist eine stehende Dreikolbenpumpe, die man für hydraulische Kraftübertragungen vielfach benutzt. Jeder der drei Tauchkolben drückt das Wasser, das mit rd. 10 bis 12 at eintritt, auf 235 at. Die Pumpe fördert bei Vollast 10 000 kg/h und wird mittels Riemens von einem in weiten Grenzen regelbaren Gleichstrommotor angetrieben. Der Leistungsbedarf der Pumpe beträgt bei Vollast 85 kW. Da die Pumpe Wasser von 180 bis 190° zu fördern hat, mußte sie für diesen Zweck besonders eingerichtet werden. Die Zylinder sind einzeln angeordnet und die Stopfbüchsenpackungen der hohen Temperaturen wegen aus einer Antimon-Bleilegie-

Abb. 13
Meßzelle mit Regler für 225 at (links)

Abb. 15
Hochdruck-Speisepumpe

rung hergestellt. Die Ventile und Ventilsitze waren aus Bronze, mußten aber durch widerstandfähigere aus Kruppschem nichtrostendem Stahl ersetzt werden. Hydraulische Schwierigkeiten hat die Förderung des heißen Wassers bei den gegebenen Verhältnissen, d. h. bei Zufluß des heißen Wassers unter rd. 12 at Druck und einer zusätzlichen Wassersäule von rd. 7 m nicht ergeben. Bei hoher Drehzahl von rd. 140 Uml./min geht der volumetrische Wirkungsgrad der Pumpe etwas zurück.

Dem vorgeschalteten Niederdruckkessel wird das gewöhnliche Speisewasser des Kraftwerkes zugeführt. Da das Kraftwerk außerdem Heizwerk ist, wird ein Teil des Kondensats durch Rohwasser ersetzt, das mit Permutit behandelt wird, ehe es dem Turbinenkondensat zugesetzt wird. Der Zusatz an Rohwasser beträgt je nach der Jahreszeit rd. 10 bis 30 vH. Während der Versuche hat sich ergeben, daß der Schlamm schon bei der Erwärmung im Schrägrohrkessel zum größten Teil ausfällt und nur die Permutitsalze mit wenigen Schlammteilen über die Hochdruckpumpe in den Benson-Kessel gelangen. Diese geringen Verunreinigungen werden größtenteils vom Dampf mitgenommen, so daß im Benson-Kessel keine größeren Ablagerungen entstehen. Eine besondre Entschlammvorrichtung ermöglicht es, den Benson-Kessel während des Betriebes zu entschlammen.

Auf alle Fälle ist es vorteilhaft, einen Benson-Kessel nur mit reinem Kondensat zu speisen. Dieser Forderung kann man selbst in den Fällen, wo gar kein Kondensat zurückgewonnen wird, durch Dampfumformung, ähnlich dem Verdampfungsvorgang im Schmidtschen Hochdruckkessel, jedoch im Niederdruckgebiet, allenfalls unter Anwendung alter Kessel, genügen.

Zur fortlaufenden Beobachtung des Kessels werden die zugeführten Wassermengen für den vorgeschalteten Kessel und für den Hochdruckkessel getrennt gemessen. Außerdem ist zur Nachprüfung ein Venturi-Mengenmesser in die 100 at-Leitung eingeschaltet. Diese drei Messungen liefern ein gutes Bild der Beziehungen zwischen den Temperaturen und den durchfließenden Mengen von Wasser oder Dampf. In den verschiedenen Zonen des Kessels sind ferner Kupfer-Konstantan-Thermoelemente eingebaut. Mit den zugehörigen Spannungsmessern, die fest oder durch Wahlschalter mit den Thermoelementen verbunden sind, kann man den Verlauf der Verdampfung einigermaßen genau verfolgen, s. Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Messungen am Benson-Kessel

Erzeugte Dampfmenge	kg/h	3950	5850	7450	9400
Speisewassertemperatur	°C	20	22	23	22
HD-Speisepumpenzulauf	at	4,2	7,8	9,7	9,7
	°C	139	165	176	176
Am Eintritt in den Benson-Kessel	at	230	229	229	230
	°C	140	166	178	178
Temperatur im Strahlungsteil am Ende jeder der drei hintereinander geschalteten Rohrschlangen	1 °C	273	291	299	295
	2 "	343	351	354	350
	3 "	372	371	368	369
Vor dem Überströmventil	at	226	221	212	208
	°C	392	392	390	381
Hinter dem Überströmventil	at	102	102	103,5	106
	°C	311	310	311	309
Hinter dem Überhitzer	at	100	99,5	100	99
	°C	399	408	408	399
Leistung der HD-Speisepumpe	kW	31,7	46,4	60,2	79,6
Heizölverbrauch ($H_u = 9950$ kcal/kg)	kg/h	503	678	800	980
Zahl der Brenner		4	4	5	6
Heizöldruck	at	5,5	9,0	7,5	8,9
Abgastemperatur der Abgase	°C	190	213	250	278
Kohlensäuregehalt	vH	11	11,5	12	12.2

Betriebserfahrungen und Versuchsergebnisse

Während der fast 1½ jährigen Versuchs- und Betriebsdauer hat der geringe Wassergehalt des Kessels keine Nachteile gezeigt. Der Kessel wird hierdurch besonders schmiegsam und läßt sich z. B. in wenigen Minuten von Halb- auf Vollast bringen, ohne daß die Temperaturen schwanken. Das Anheizen kann, wenn Warmwasser vorhanden ist, in 10 bis 12 min, das Abstellen augenblicklich erfolgen, ohne daß die Temperaturen der Rohrwände steigen. Die Anheiz-, Abbrand- und Auskühlverluste können so auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Außerdem bedingt der geringe Wasser- und Dampfinhalt des Kessels, daß er ein ausgesprochener Sicherheitskessel, nicht nur im Sinne des Dampfkesselgesetzes, sondern auch wirklich ist. Die Berechnung hat ergeben, daß der Überdruck in der Feuerung infolge des bei Rohrbruch austretenden Dampfes nur 100 mm W.-S. betragen kann. Die Probe hierauf ergab auch der praktische Betrieb. Man hatte versucht, den Benson-Kessel ohne den Schlamm absetzenden Niederdruckkessel mit kaltem mit Permutit behandelten Wasser zu betreiben. Der Schlamm setzte sich jedoch in einem der Rohrstränge so stark an, daß dieser verstopft wurde und infolge der hohen Temperatur platzte.

Der Rohrbruch machte sich außen nur durch ein zischendes Geräusch bemerkbar; er löschte die Flamme aus, ohne daß diese durch die Brenner nach außen schlug; der austretende Wasserdampf und das beim Austritt verdampfte Wasser zogen durch den Schornstein ab. Außer einer kleinen Verbiegung des Rohres an der beschädigten Stelle trat keinerlei Zerstörung ein. Der Kessel wurde nach Erneuern des Rohrpaketes am nächsten Tage wieder in Betrieb genommen. Aus dem Paket wurde das gesprengte Rohrstück 1 m lang herausgeschnitten, ein anderes Stück eingepaßt und mit Thermit verschweißt. Damit war das Rohrpaket wieder betriebsfertig. Die Bruchstelle von rd. 40 mm Länge zeigte deutlich die messerscharfe Kante, die auf Fließen des Metalls infolge zu hoher Temperatur schließen läßt. Die Untersuchung des Korngefüges in der Nähe der Bruchstelle ergab keine Änderung durch Überhitzung, so daß anzunehmen ist, daß die Temperatur etwa 650 °C betragen hat.

Infolge der Anordnung der Ölbrenner an der Vorderseite des Verbrennungsraumes sowie der Umlenkung der Verbrennungsgase um 90° ist die Übertragung der Strahlungswärme auf die Benson-Heizfläche, je nach Belastung, ungleichmäßig. Es ist aber trotzdem gelungen, die Endtemperaturen in den parallelen Rohrschlangen gleichzuhalten.

Die Angaben in Zahlentafel 1 sind während eines achtstündigen Betriebes aufgenommen und als Betriebsergebnisse des Kessels zu bewerten.

Die Temperaturmessungen sind auf rd. 2 vH und die Drücke auf rd. 1 vH genau. Eine Berechnung des Wirkungsgrades auf Grund der beiden ersten Ablesungsreihen ist nicht möglich, da der Oberkessel mit seinem großen Wasserinhalt noch nicht im Beharrungszustand war. Die beiden letzten Reihen ergeben unter Berücksichtigung des Wärmeverbrauchs für die Zwischenüberhitzung Wirkungsgrade von 72 und 74 vH. Es sei nochmals betont, daß der Kessel den örtlichen Verhältnissen angepaßt werden mußte. Vergleicht man die einem Kilogramm des Kesselinhalts im Teil *a* des Erhitzers zugeführte Wärme mit dem Wärmeinhalt von Wasser beim Übergang in Dampf im kritischen Zustand, so erhält man als Verdampfleistung 140 kg/m²h. Vernachlässigt man aber die Vorwärmung, so erhält man 218 kg/m²h, was selbstverständlich falsch ist.

Eindeutig läßt sich die Verdampfleistung eines Kessels kaum festlegen, da sie vor allem von der Art des Brennstoffes abhängt. Man sollte daher einen Dampfkessel überhaupt nicht nach der Heizfläche, sondern nach der Dampfleistung, bezogen auf den Zustand des Wassers beim Eintritt in den Kessel, unter Angabe des Wirkungsgrades und des Brennstoffes bewerten.

Hochdruckdampfturbine

Zur Ausnutzung des Dampfes von 100 at und 400 °C wurde eine Vorschaltturbine für 13 at Gegendruck (Eintrittsdruck der vorhandenen Kondensationsturbinen) aufgestellt, Abb. 16. Die neunstufige, mit 10 000 Uml./min arbeitende Turbine[5]) hat ein ungeteiltes Gehäuse. Ihre Leistung wird über ein Zahnrädergetriebe von Maag[6]) auf

[5]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 446 u. 595.
[6]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 509.

Abb. 16
Hochdruck-Dampfturbine von Escher, Wyss & Cie.

Abb. 17
Druckstufen-Manometer der Hochdruckturbine

einen Gleichstromerzeuger von 1000 kW bei 3000 Uml./min übertragen. Der Regler wirkt mit Rücksicht auf das geringe Dampfvolumen durch einfache Drosselung. Nach anfänglichen Schwierigkeiten arbeitet die Turbine jetzt bei allen Belastungen zufriedenstellend. Zur Abdichtung am Hochdruckende gegen 100 at Spannung dient eine besondere, verhältnismäßig kurze Labyrinth-Stopfbüchse.

Für Messungen bei Versuchen sind die einzelnen Stufen an Manometer angeschlossen, an denen man die jeweiligen Teildrücke ablesen kann, s. Abb. 17. Die bisherigen Versuche lassen erwarten, daß es bei weiterem Ausbau der Turbine auf Grund der gemachten Erfahrungen und bei Ausnutzung noch höherer Drücke sowie insbesondere größerer Dampfmengen, ferner bei Anwendung der Rauchgasluft- und Speisewasservorwärmung nach dem Zwischendampfverfahren möglich sein wird, einen Wärmeverbrauch von rd. 2900 kcal/kWh zu erreichen.

Wie sich die Benson-Anlage in das Kraftwerk der Siemens-Schuckertwerke einfügt, zeigt Abb. 18[7]). Da die Anlage nur für Versuchszwecke bestimmt ist und bei der teuren Ölfeuerung nur als solche benutzt wird, hat man hier die einfachsten und billigsten Mittel verwendet und auf Vorwärmung des Speisewassers durch Anzapfdampf verzichtet.

Schlußbemerkung und Ausblick

Durch die mehrjährigen Erfahrungen an der Versuchsanlage ist erwiesen, daß die beim Benson-Verdampfverfahren auftretenden hohen Drücke und Temperaturen sowie die Regelung durch geeignete und einfache Konstruktionen beherrscht werden können. Die Dampferzeugung in einem reinen Röhrenkessel ist somit nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch gelöst. Über die Vorteile des hohen Dampfdruckes ist schon so viel gesagt, daß an dieser Stelle nur darauf hingewiesen wurde.

Die Versuchsergebnisse des Benson-Kessels und der 100 at-Dampfturbine waren so günstig, daß auf Grund dieser Erfahrungen ein bedeutend größerer Benson-Dampferzeuger durchgearbeitet wurde. Dieser Kessel ist zur Zeit im Bau und soll 25- bis 30 000 kg/h von 180 at und 420 ° an die Dampfturbine liefern. Die neue Anlage, die als Heizkraftwerk für das Kabelwerk der Siemens-Schuckertwerke gebaut wird, soll noch im Laufe dieses Jahres den Betrieb aufnehmen.

Beim Bau dieser beiden Kessel hat sich ergeben, daß Kesselanlagen mit Benson-Dampferzeugern mindestens zu den gleichen Preisen wie die heute üblichen Hochdruckkessel von z. B. 35 at hergestellt werden können. Ein weiterer Vorteil dieses Verdampfverfahrens liegt darin, daß man danach Dampf mit jeder Spannung und den höchsten Temperaturen, die durch den heutigen Stand der Entwicklung der Werkstoffe bedingt sind, erzeugen kann. Bei der neuzeitlichen Umgestaltung von Kraftanlagen bietet der Benson-Kessel hierdurch die Möglichkeit, zunächst Dampf für vorhandene hochwertige Niederdruckturbinen zu liefern und bei weiterem Ausbau diese Niederdruckturbinen-Anlage durch Vorschaltturbinen für höchste Drücke zu ergänzen. [B 230]

Abb. 18
Benson-Anlage im Kraftwerk Siemensstadt

a Benson-Kessel *b* Vorwärmkessel *c* alte Kesselanlage
d Hochdruck-Speisepumpe *e* Niederdruck-Speisepumpe
Vorschaltturbine *g* vorhandene Niederdruckmaschine
h Anfahrrohrleitung

[7]) Das Schaltbild ist unter Benutzung der von Dr.-Ing. Stender vorgeschlagenen Einheitszeichen entworfen. Ein kurzer Bericht hierüber erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

Einfluß der Dampfnässe auf Dampfturbinen

Von Dr. J. v. Freudenreich, Oberingenieur, Baden

Es wird gezeigt, daß das Wasser, das bei der Expansion des Dampfes in der Turbine entsteht, nicht die gleiche Geschwindigkeit wie der Dampf hat und infolgedessen eine Bremswirkung ausübt.

In den letzten Jahren sind die Betriebsdrücke der Dampfturbinen immer mehr gestiegen. Während früher 12 bis 15 at gebräuchlich waren, werden jetzt Drücke von 25 bis 35 at angewendet, ohne daß gleichzeitig die Überhitzung des Dampfes entsprechend erhöht wird. Infolgedessen reicht die Expansion des Dampfes, namentlich bei hoher Luftleere, tief in das Sattdampfgebiet hinein, wodurch der Wassergehalt des Dampfes in den letzten Stufen hoch wird. Auch die Verbesserung des Wirkungsgrades der Dampfturbine hat dazu beigetragen, die Dampfnässe in den letzten Stufen zu erhöhen. Mit den Leistungen haben ferner die Umfangsgeschwindigkeiten, namentlich in den letzten Stufen, zugenommen.

Die erste sichtbare Folge aller dieser Einflüsse waren Anfressungen der letzten Schaufeln, besonders der Laufschaufeln; aber auch die Wirkungsgrade der Niederdruckstufen blieben hinter den erwarteten Werten zurück. Bekannt ist, daß der Wirkungsgrad einer Dampfturbine mit der Eintrittstemperatur zunimmt, und zwar viel stärker, als die Erhöhung des Wärmerückgewinnungsfaktors erwarten läßt. Dies kommt daher, daß bei höherer Eintrittstemperatur die Dampfnässe in den letzten Schaufelreihen geringer wird.

Bremswirkung des Wassers

Für eine Überdruckturbine mit gleichen Leit- und Laufschaufelwinkeln sind in Abb. 1 die Geschwindigkeitsdreiecke einer Stufe dargestellt. Die Geschwindigkeit c_{1W} des Wassers bei Austritt aus dem Leitrad ist kleiner als die Geschwindigkeit c_{1D} des Dampfes. Sind G_D und G_W die sekundlich durchströmenden Dampf- und Wassergewichte, dann sind ihre Leistungen in kW am Radumfang

$$L_{uD} = \frac{G_D}{102\,g}\,u\,c_{uD},$$

$$L_{uW} = \frac{G_W}{102\,g}\,u\,c_{uW}.$$

Wegen

$$c_{uW} = c_{uD} - 2\,c_{1D}\cos\alpha\left(1 - \frac{c_{1W}}{c_{1D}}\right)$$

und mit der Abkürzung

$$G_W + G_D = G$$

erhält man für die Leistung am Radumfang einer Stufe

$$L_{u_1} = L_{uD} + L_{uW}$$

$$= \frac{G}{102\,g}\,u\,c_{uD} - \frac{2\,G_W}{102\,g}\,u\,c_{1D}\cos\alpha\left(1 - \frac{c_{1W}}{c_{1D}}\right) \quad . \quad (1).$$

Abb. 1 Geschwindigkeitsdreiecke einer Stufe einer Überdruckturbine

Das erste Glied stellt die Leistung dar, die man erhalten würde, wenn das Wasser immer die gleiche Geschwindigkeit wie der Dampf hätte. Das zweite Glied ist somit die Bremsleistung L_{W_1} des Wassers in einer Stufe. Mit der üblichen Bezeichnung $G_W = (1-x)\,G$ erhält man

$$L_{W_1} = \frac{2\,G\,(1-x)}{102\,g}\,u\,c_{1D}\cos\alpha\left(1 - \frac{c_{1W}}{c_{1D}}\right).$$

Für alle Stufen im Naßdampfgebiet findet man somit

$$L_W = \frac{2\,G}{102\,g}\sum(1-x)\,u\,c_{1D}\cos\alpha\left(1 - \frac{c_{1W}}{c_{1D}}\right) \quad . \quad . \quad (2)$$

Führt man die Parsonssche Kennzahl

$$X = \frac{z\,u^2}{H_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

ein, so kann man mit großer Annäherung setzen[1])

$$2\,c_{1D}\cos\alpha = u\left(1 + \frac{g}{A\,X}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Damit erhält man

$$L_W = \frac{G}{102\,g}\sum(1-x)\,u^2\left(1 - \frac{c_{1W}}{c_{1D}}\right)\left(1 + \frac{g}{A\,X}\right) \quad . \quad (5).$$

In dieser Gleichung sind alle Größen bis auf das Glied $\frac{c_{1W}}{c_{1D}}$ bekannt. Die Geschwindigkeit des Wassers läßt sich nicht messen, man erhält aber einen Anhalt für ihre Größe durch die folgende Überlegung:

Tropfengröße und Tropfengeschwindigkeit

Es ist klar, daß das Wasser um so besser vom Dampf mitgenommen wird, je kleiner die Tropfen sind. Die Größe der Tropfen hängt aber von der Dichte und der Geschwindigkeit des Dampfes ab. Führt man einen

[1]) Vergl. Stodola, „Dampf- und Gasturbinen", 5. Aufl. S. 245. Man kann in Gl. 31 das Glied mit ξ vernachlässigen und findet mit Gl. 27 Gl. (4) wie angegeben.

Abb. 2 Widerstandzahl einer in einer Flüssigkeit bewegten Kugel

Abb. 3 Tropfengröße, abhängig von der Geschwindigkeit bei Versuchen mit Luft

Abb. 4 Widerstandzahl einer in einer Flüssigkeit bewegten Kugel

Abb. 5
Tropfendurchmesser und zugehörige Reynoldssche Zahl bei verschiedenen Dampfdrücken und Dampfgeschwindigkeiten

'assertropfen in einen Dampfstrom ein, so wird er in ıhr viele kleine Tropfen zerrissen, sobald die Dampf-eschwindigkeit groß genug ist. Dies ist der Fall, wenn ɛr Druck, den der Dampfstrom auf den Tropfen ausübt, ı groß ist, daß die Kapillarkräfte ihn nicht mehr zu-ımmenhalten können.

Die kapillare Oberflächenspannung σ ist in Funktion ɛr Temperatur[2])

$$\sigma = 7{,}66 \cdot 10^{-3} - 1{,}45 \cdot 10^{-5}\, t \quad \ldots\ldots (6).$$

ıfolge dieser Oberflächenspannung herrscht im Innern nes Tropfens vom Durchmesser d der Druck

$$p^* = \frac{4\,\sigma}{d}\ \mathrm{kg/m^2} \quad \ldots\ldots\ldots (7).$$

ommt dieser Tropfen in einen Dampfstrom mit der rela-ven Geschwindigkeit W, so ist die Kraft, die der Dampf-rom auf ihn ausübt,

$$P = \psi\, \varrho_D\, F\, W^2 \quad \ldots\ldots\ldots (8).$$

ier bedeuten ϱ_D die Dampfdichte, $F = \frac{\pi d^2}{4}$ die Fläche ɛs Tropfens und ψ eine dimensionslose Funktion der eynoldsschen Zahl $R = \frac{W d}{\nu}$. In Abb. 2 ist ψ in Abhän-igkeit von R aufgetragen[3]). Ist diese Kraft gleichmäßig ber die Tropfenfläche verteilt, so entsteht ein Druck

$$\overline{p} = \psi\, \varrho_D\, W^2 \quad \ldots\ldots\ldots (9).$$

Man kann nun annehmen, daß ein Wassertropfen zer-ssen wird, wenn $\xi = \overline{p}/p^*$ einen gewissen Wert über-eigt. Um dies zu untersuchen, wurde ein Versuch mit uft durchgeführt. In den mit der Geschwindigkeit W ießenden Luftstrom ließ man Wassertropfen fallen, die ırch den Luftstrom zerrissen und gegen ein Brett ge-hleudert wurden. Das Brett war mit Fließpapier über-ɔgen, und aus der Größe der benetzten Stellen konnte an nach Eichung mit Tropfen bekannter Größe den urchmesser der auffallenden Tropfen bestimmen. In bb. 3 ist die so erhaltene Tropfengröße in Funktion der uftgeschwindigkeit logarithmisch aufgetragen. Die zu-hörigen Werte von ψ sind auch angegeben. Diese Ver-ıche, die keinen großen Anspruch auf Genauigkeit achen, ergeben das Gesetz $d = \frac{k}{W^2}$, wobei $k = 1{,}1$ ge-ınden wurde. Damit wird

$$\xi = \frac{\psi\, \varrho_D\, W^2\, d}{4\,\sigma} = \frac{k\, \psi\, \varrho_D}{4\,\sigma}\,.$$

Bei diesen Versuchen waren ϱ_D, σ und ψ angenähert onstant, so daß auch ξ eine Konstante wird. Durch Ein-etzen der Werte erhält man $\xi = 0{,}87$; d. h. ein Tropfen ird nicht zerrissen, solange der von außen auf ihn irkende mittlere Druck kleiner ist als das 0,87fache des urch die Kapillarkräfte erzeugten Innendruckes.

Um diese größte Tropfengröße zu berechnen, setzt an $\overline{p} = 0{,}87\, p^*$ oder nach Einsetzen von $\overline{p}$ und p^*

$$\psi\, R = \frac{3{,}5\,\sigma}{\mu\, W} \quad \ldots\ldots\ldots (10),$$

wobei $\mu = \nu\, \varrho$ die Zähigkeit bedeutet. In Abb. 4 sind ψR und ψ in Abhängigkeit von R für das in Betracht kommende Gebiet aufgetragen. Für einen gegebenen Wert von p sind im Sattdampfgebiet die Temperatur, somit auch σ und μ bestimmt. Für μ gilt in diesem Gebiet[4])

$$\mu = 0{,}92 \cdot 10^{-6}\,(1 + 0{,}004\,55\, t) \quad \ldots\ldots (11).$$

Man kann also ψR in Abhängigkeit von p und W berechnen und aus Abb. 4 den zugehörigen Wert von R ablesen, woraus auch der Tropfendurchmesser d folgt. In Abb. 5 sind die größten Tropfendurchmesser in Abhängigkeit vom Druck für verschiedene Geschwindigkeiten aufgetragen, ebenso die zugehörigen Werte der Reynoldsschen Zahl R. Diese Tropfendurchmesser sind die größten möglichen; durch das Aufschlagen auf die Schaufelkanten können auch kleinere Tropfen entstehen.

Ist die Größe der Tropfen bekannt, so läßt sich ihre Geschwindigkeit leicht berechnen. Bezeichnet man mit W die Dampfgeschwindigkeit und mit w die Tropfengeschwindigkeit, so lautet wegen Gl. (8) die Bewegungsgleichung des Tropfens

$$\psi\, \frac{\pi\, d^2}{4}\, \varrho_D\, (W - w)^2 = \frac{4}{3}\, \frac{\pi\, d^3}{8}\, \frac{\gamma_W}{g}\, \frac{d\,w}{d\,t}$$

oder

$$\frac{d\,w}{d\,t} = \frac{3}{2}\, \frac{\gamma_D}{\gamma_W}\, \frac{\psi}{d}\, (W - w)^2 \quad \ldots\ldots (12).$$

Der Beiwert ψ ist, wie schon gesagt, nicht konstant, sondern eine Funktion der Reynoldsschen Zahl R. Für die Werte $R = 20$ bis $R = 800$, die nach Abb. 5 vorkommen können, kann ψ durch eine einfache Funktion von R ersetzt werden, die in Abb. 4 gestrichelt ist, nämlich

$$\psi = \frac{5{,}35}{\sqrt{R}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (13).$$

Mit der Abkürzung

$$K = \frac{8{,}0\, \gamma_D \sqrt{\nu}}{\gamma_W\, d^{3/2}} \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

und wegen

$$d\,t = \frac{d\,s}{w}$$

wird Gl. (12)[5])

$$\frac{w\, d\,w}{(W - w)^{3/2}} = K\, d\,s\,.$$

Die Integration ergibt

$$\frac{4\,W - 2\,w}{\sqrt{W - w}} = K\,s + C \quad \ldots\ldots\ldots (15).$$

Wenn der Tropfen von der Dampfströmung erfaßt wird, hat er noch angenähert die Geschwindigkeit null. Damit läßt sich die Konstante C bestimmen, und mit der Abkürzung $w/W = u$ folgt

$$\frac{K\,s}{2\sqrt{W}} = \left[\frac{2 - u}{\sqrt{1 - u}} - 2\right] = F(u) \quad \ldots\ldots (16).$$

Für kleine Werte von u kann man $F(u)$ in eine Reihe entwickeln und erhält bei Vernachlässigung der höheren Potenzen von u

$$F(u) = \frac{u^2}{4}\,.$$

Wir nehmen nun einen Dampfweg von 2 cm Länge an, auf dem der Wassertropfen vom Dampf beschleunigt wird, bis er in die nächste Schaufelreihe gelangt. In Abb. 6 sind die aus Gl. (16) berechneten Wassergeschwindigkeiten $w = c_{1W}$ für verschiedene Dampfgeschwindigkeiten in Abhängigkeit vom Druck aufgetragen. Wie ersichtlich, wird bei kleinen Drücken das Wasser vom Dampf kaum mitgenommen. Man kann nun das noch unbekannte Glied $\frac{c_{1W}}{c_{1D}}$ in Gl. (5) berechnen, wobei nochmals betont sei, daß die so berechnete Tropfengröße ein Höchstwert, also die daraus folgende Wassergeschwindigkeit ein Mindestwert ist. Auch die Tropfen, die in einer Leit-

[2]) Vergl. Stodola, „Gas- und Dampfturbinen", 5. Aufl. S. 854.
[3]) Göttinger Messungen.
[4]) Vergl. z. B. Schüle, Thermodynamik, 3. Aufl. 1. Bd. S. 334.
[5]) Im Ausdruck $R = \frac{W d}{\nu}$ muß hier unter W die Relativgeschwindigkeit $(W - w)$ verstanden werden.

oder Laufschaufelreihe durch Kondensation entstehen, sind außerordentlich klein und werden ohne weiteres vom Dampfe mitgenommen. Gl. (5) ergibt also etwas zu große Werte für die Bremsleistung des Wassers.

Näherungsformel

Bei einer vielstufigen Turbine ist die Berechnung der Bremsleistung auf dem angegebenen Weg umständlich. Nimmt man mittlere Werte von X und u für das Sattdampfgebiet an, so wird Gl. (5) lauten:

$$L_W = \frac{G}{102\,g}\,\overline{u}^2 \left(1+\frac{g}{A\,X}\right) \sum (1-x) \left(1-\frac{c_{1W}}{c_{1D}}\right).$$

Der Bruch $\frac{c_{1W}}{c_{1D}}$ ist in den ersten Schaufelreihen nahezu gleich 1 und sinkt in den letzten Reihen bei tiefer Luftleere auf null. Nimmt man einen mittleren Wert

$$\overline{\chi} = \left(1-\frac{c_{1W}}{c_{1D}}\right)_{\text{mittel}} \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

an, so bleibt

$$L_W = \frac{G}{102\,g}\,\overline{u}^2\,\overline{\chi} \left(1+\frac{g}{A\,X}\right) \sum (1-x)\,.$$

Bei vielen Stufen sind die Gefälle zwischen den einzelnen Stufen nahezu gleich. Ist z die Anzahl der Stufen und $(1-x_e)$ die Dampfnässe in der letzten Stufe, dann ist

$$\sum (1-x) = \frac{z\,(z+1)}{2}\,\frac{(1-x_e)}{z}\,.$$

Vernachlässigt man 1 gegen z und setzt man die mittlere Dampfnässe

$$(1-x)_m = \frac{1-x_e}{2}$$

ein, so bleibt

$$\sum (1-x) = z\,(1-x)_m \quad \ldots\ldots\ldots (18),$$

somit

$$L_W = \frac{G}{102\,g}\,z\,\overline{u}^2 \left(1+\frac{g}{A\,X}\right) (1-x)_m\,.$$

Setzt man

$$X = \frac{z\,u^2}{H_0} \quad \text{und} \quad L_0 = 4{,}18\;G\,H_0\;(\text{kW}) \quad \ldots (19),$$

so folgt

$$\frac{L_W}{L_0} = \overline{\chi}\,(1-x)_m \left(1+\frac{X}{4180}\right) \quad \ldots\ldots (20).$$

Für $\overline{\chi} = 1$ erhält man

$$\frac{L_{W_{\max}}}{L_0} = (1-x)_m \left(1+\frac{X}{4180}\right) \quad \ldots\ldots (21).$$

Der Vergleich mit Versuchen gestattet dann, einen mittleren Wert $\overline{\chi}$ zu bestimmen.

Versuche an einer Zweizylinder-Dampfturbine

Im Dampfturbinen-Prüffeld der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, wurden an einer Zweizylinder-Dampfturbine mit Überdruckbeschauflung Versuche bei verschiedenen Frischdampftemperaturen angestellt, wobei Frischdampfdruck und Luftleere unverändert gelassen wurden. Die Nennleistung betrug 3000 kW bei 3000 Uml./min. In Abb. 7 und in der Zahlentafel 1 sind die verschiedenen Größen in Abhängigkeit der Frischdampftemperatur dargestellt. Ganz bedeutend ist die Abnahme des gemessenen Kupplungswirkungsgrades η_k bei sinkender Frischdampftemperatur. Von 81,8 vH bei 333 °C sinkt er auf 75,6 vH bei 219 °C, d. h. um 8,5 vH.

Für jeden Meßpunkt wurde die Leistung berechnet, die die Turbine gemäß dem bekannten Wirkungsgrade der Beschauflung unter Berücksichtigung der Spalt-, Stopfbüchsen- und Anlaßverluste sowie des Wärmerückgewinnungsfaktors hätte abgeben sollen. Der Unterschied ΔL zwischen berechneter und gemessener Leistung ist die Folge der Bremswirkung des Wassers. Die mit $L_{W_{\text{th}}}$ bezeichneten Bremsleistungen wurden aus Gl. (5), die mit $L_{W_{\max}}$ bezeichneten theoretischen Leistungen aus der Näherungsformel Gl. (21) berechnet. Das Verhältnis $\frac{\Delta L}{L_{W_{\text{th}}}}$ beträgt im Mittel 0,73 oder ~ ¾, $\frac{\Delta L}{L_{W_{\max}}}$ im Mittel 0,64 oder ~ ⅔. Daraus geht hervor, daß die Tropfengröße im Mittel kleiner ist, als angenommen wurde. Am einfachsten ist es, die Bremsleistung des Wassers mit ⅔ $L_{W_{\max}}$ anzunehmen, was sehr

Abb. 6
Geschwindigkeit der Wassertropfen beim Eintritt in die nächste Schaufelreihe bei verschiedenen Dampfdrücken und Dampfgeschwindigkeiten

Zahlentafel 1

Temperatur vor den Düsen	°C	333	287	219
Druck vor den Düsen	at abs	10,87	10,10	10,92
Luftleere	„	0,065	0,061	0,069
Leistung an der Kupplung, gemessen	kW	3470	3155	3180
Leistung an der Kupplung, berechnet	„	3563	3309	3535
Unterschied ΔL	„	93	154	355
$L_{W_{\text{th}}}$ (Gl. 5)	„	136	216	447
$L_{W_{\max}}$ (Gl. 21)	„	151	246	532
$\frac{\Delta L}{L_{W_{\text{th}}}}$		0,68	0,71	0,79
$\frac{\Delta L}{L_{W_{\max}}}$		0,62	0,63	0,67
$\frac{\Delta L}{L_k}$	vH	2,7	4,9	11,2
Wirkungsgrad der Turbine an der Kupplung η_k	„	81,8	80,0	75,6

Abb. 7
Kupplungswirkungsgrad und Bremsleistung des Wassers einer Zweigehäuseturbine bei verschiedenen Frischdampftemperaturen

:hnell berechnet werden kann. In der Zeitschrift „En-
ineering“ Bd. 122 (1926) S. 636 wird in der Arbeit „High-
.eam pressure“ angegeben, daß man bei einer Stufe, die
n Naßdampfgebiet arbeitet, für 1 vH Dampfnässe 1,03 vH am
Virkungsgrad abziehen müsse. Die obige Näherungsformel
l. (20) ergibt für diesen Abzug mit $\overline{\chi} = 2/3$ und $X = 3200$
en Wert 1,18.

Wie aus Zahlentafel 1 hervorgeht, beträgt die Brems-
istung des Wassers bei 219° Frischdampftemperatur
1,2 vH, bei 333° nur noch 2,7 vH der Leistung an der
:upplung. Die Versuche lassen somit den großen Einfluß
er Dampfnässe in den letzten Stufen erkennen. Um ihre
:hädlichen Wirkungen zu vermeiden, kann man dreierlei
Vege einschlagen:

1. Erhöhung der Frischdampftemperatur,
2. Zwischenüberhitzung des Dampfes,
3. Ableiten des Wassers aus der Turbine.

Der Erhöhung der Frischdampftemperatur stehen gewöhnlich die Bedenken der Kesselerbauer entgegen; immerhin scheinen höhere Temperaturen möglich zu sein, da die Anlage Langerbrugge nun über ein Jahr mit Frischdampf von 450 bis 500 °C bei 50 at an der Turbine läuft. Eine weitere Steigerung der Dampfdrücke bedingt jedoch sehr viel höhere Frischdampftemperaturen, die mit den heute gebräuchlichen Baustoffen nicht als betriebsicher beherrscht werden können.

Zwischenüberhitzung des Dampfes hat man namentlich in Amerika schon öfters angewandt, aber wegen der damit verbundenen Verwicklung der Anlage scheint sie die Hoffnungen nicht ganz erfüllt zu haben.

Die beste Lösung ist ohne Zweifel, das Wasser aus den letzten Stufen zu entfernen. In dieser Richtung angestellte Versuche lassen hoffen, daß dies auf verhältnismäßig einfachem Weg erreicht werden kann. [B 40]

Die Kabelkrane

Von J. M. Bernhard, München

Für die Beförderung von Lasten bis zu 10 t je Seil und
uf Entfernungen von 80 bis 800 m haben sich unter den
'örderanlagen neuerer Art die Kabelkrane hinsichtlich
.eistungsfähigkeit und auch Betriebsicherheit selbst unter
en schwierigsten Verhältnissen durchaus bewährt. Be-
onders bei Ausschachtungsarbeiten größeren Umfanges ist
ine Kabelkrananlage mit Greifer oder Kübelbetrieb am
'latze.

Die wesentlichen Vorteile einer Kabelkrananlage sind
eringe Anschaffungs-, Aufbau- und Betriebskosten, die
Jachteile, das Auftreten von Schwingungen des Förder-
iittels quer zur Bahn und Schwingungen während der Be-
chleunigung beim Anfahren und Heben der Last, sowie der
)urchhang des Kabels[1]). Ferner ergeben sich noch Nach-
eile durch Überwindung starker Steigungen beim An-
ahren der Katze nach den Endpunkten. Um diese Übel-
tände nach Möglichkeit auszugleichen, war man bestrebt,
unächst die Katze so leicht wie möglich zu machen. Um
uch die Unterflasche leicht bauen zu können, benutzt man
ine selbsttätige Hubseilunterstützung; sie besteht im
vesentlichen aus sogenannten Reitern, die das Hubseil in
;ewissen Abständen stützen, da es ja sonst bei leerem
,asthaken durchhängen würde und dieser nicht abgelassen
verden könnte. Diese Reiter werden dann beim Verfahren
.urch ein Knotenseil auf die Katze aufgereiht und auf
em Rückweg wieder abgenommen, Abb. 1.

[1]) „Fördertechnik und Frachtverkehr“ Bd. 19 (1926) S. 320 u. 335.

Bei den ortfesten Kabelkranen sind zwischen zwei Türmen aus Holz- oder Eisenkonstruktion Tragkabel gespannt, auf denen Katzen mit heb- und senkbaren Lasthaken, Kübeln oder Greifern laufen, so daß die Lasten an jeder beliebigen Stelle der Bahn aufgenommen und abgesetzt werden können.

Für die feststehenden Kabelkrane mit geringen seitlichen Lastbewegungen werden an Stelle der Türme Masten verwendet, die durch Seile seitlich verspannt sind und die durch Längenänderungen der Halteseile nach den Seiten schräg gestellt werden können. Diese Bauart wurde u. a. beim Bau der Schleuse I des Rhein-Herne-Kanals bei Duisburg verwendet, Abb. 2. Für die Anordnung eines fahrbaren Kranes fehlte hier an den Längsseiten der Baugrube der für die Gleise eines solchen erforderliche Platz. Die Masten der Pendelkrane wurden demzufolge an den Schmalseiten der Baugrube aufgestellt, wobei auch die Baustoffe von der Schmalseite aus zugeführt werden können. Die geringe Seiteneinstellung genügte vollkommen, da die Krane hauptsächlich den Bau der Schleusenmauer unterstützen sollten, über deren Mittellinie sie errichtet wurden, so daß bei 6 m Mauerbreite nur 3 m nach jeder Seite durch Überlegen der Masten zu bestreichen blieben, was keine Schwierigkeiten bereitete. Die beiden Kabelkrane hatten bei je 320 m Spannweite und 3000 kg Tragkraft eine Leistungsfähigkeit von je 25 m³/h.

Bei den radialfahrbaren Kabelkranen steht ein Turm fest, der andre wird auf einem kreisförmigen Gleise herumgeschwenkt. Beim Bau der großen Jahrhunderthalle in Breslau durch die Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. wurden zwei schwenkbare Kabelkrane verwendet, deren ge-

Abb. 1
Seillaufkatze mit Hubseilunterstützung,
Bauart Bleichert

Abb. 2
Feststehende Kabelkrane mit wippbaren Masten beim Bau der Mauern
für die Schleuse I des Rhein-Herne-Kanals bei Duisburg

Abb. 5 M. rd. 1:600

Abb. 5 bis **8**
Parallel fahrbarer Doppel-Greiferkabelkran mit Dreimotorenwinde und Sonderseillaufkatze zur Schiffsentladung und Beschickung des Kohlenlagers für das Kraftwerk am Merwedekanal in Utrecht; erbaut von A. Bleichert & Co. Tragkraft eines Seiles 5,6 t, Spannweite 210 m, Fahrgeschwindigkeit 240 m/min, Hubgeschwindigkeit 35 m/min, Förderleistung rd. 85 t/h bei 18 bis 22 Förderspielen.

Abb. 6
M. rd. 1:1200

Abb. 3
Zwei radial fahrbare Kabelkrane beim Bau der Jahrhunderthalle in Breslau. Der gemeinsame feste Turm ist über der Mitte der Kuppel errichtet.

Abb. 7

Abb. 8
Pendelbecherwerk zwischen Mischanlage und Kesselhaus (links)
M. rd. 1 : 600

ieinsamer, fester Turm über der Mitte der Kuppel errichtet rar, Abb. 3. Die fahrbaren Türme konnten auf einer gechlossenen Kreisbahn den Bau ganz umfahren. Die Spannreite eines jeden Krans betrug 100 m, die Tragkraft 2500 kg, ie Leistung 10 m³/h.

Die parallel fahrbaren Kabelkrane fahren mit eiden Türmen auf parallelen Gleisen. Der Antrieb geschieht ntweder mit der Hand oder motorisch. Dabei wird die Beweung durch Zahnrädervorgelege unmittelbar auf die Laufäder oder durch ein Seil übertragen, das um die Trommel iner Turmfahrwinde geschlungen und an den Enden der 'ahrbahn befestigt ist. Das Fahr-, das Lauf- und das Hubverk werden von einem besonders günstig gelegenen, gechlossenen Führerhaus aus bedient. Die Steuerhebel sind n einem geschlossenen Rahmen übersichtlich nebeneinander ngebracht und mit Sperrzähnen versehen. Ein mehrfach elagertes, durch Gewichte ausgeglichenes Steuergestänge erbindet die Handhebel mit der Winde. Zur Beaufsichigung und Unterstützung des Kranführers bei undurchichtigem Wetter baut die Firma Bleichert für den Führertand einen sogenannten Indikator ein, der zu jeder Zeit die genaue Stellung der Laufkatze oder der Last anzeigt.

Abb. 4 zeigt einen parallel fahrbaren Kabelkran mit Greifer zum Entladen von Grubenholz aus Lastkähnen. Die Spannweite beträgt 163 m, die Ausladung 25 m, die Leistung 70 t/h bei Förderung von Kohlen.

Einen parallel fahrbaren Doppel-Greiferkabelkran mit Dreimotorenwinde und Sonderseillaufkatze zur Schiffsntladung oder Beschickung des Kohlenlagers für das Kraftverk am Merwedekanal in Utrecht (Holland) zeigen Abb. 5 bis 8.

Mit der Anlage kann man ein Schiff von 2000 t Inhalt in etwa zwei Tagen löschen. Das ergibt bei einer Lagerplatzentfernung von rd. 90 m von der Kaikante 80 bis 90 t/h Leistung für die Kohlenverladeanlage. Die Aufstellung eines parallel fahrbaren Kabelkrans, der diese Leistung mit zwei Greifern zu liefern vermag, wurde als günstigste Lösung gewählt.

Die Selbstgreifer wurden mit einem Fassungsvermögen von 4 m³ für Stückkohle geliefert, die aber bei Verladen von Feinkohle eine größere Menge fassen. Die wasserseitige Schiene für die senkrechte Stütze wurde rd. 6 m von der Kaikante abgerückt, da die Kaimauer als Unterlage für die senkrechte wasserseitige Stütze des Kabelkranes nicht geeignet war.

Die Kabelanlage besteht aus dem wasserseitigen Maschinenturm mit rd. 16 m Höhe der Kabelrolle und einem Ausleger von 19 m Länge, von der wasserseitigen Stütze aus gemessen; ferner aus dem am entgegengesetzten Lagerplatzende angeordneten 19 m hohen Pendelturm, der nur eine Laufschiene erhält und dadurch bei wechselndem Durchhang des Seiles um den Schienenkopf leicht ausschwingen kann. Die Anordnung des Pendels bewirkt, daß die Tragseilspannungen trotz wechselnder Belastungen auf gleicher Höhe gehalten werden.

Entsprechend der Höhe hat die Pendelstütze einen Radstand von 12 m erhalten. Sie ist rahmenartig ausgebildet und diagonal versteift. Die zwei Laufwagen mit je vier Laufrollen sind gelenkig an das Stützengerüst angeschlossen, so daß schädliche Zusatzspannungen vermieden werden.

Auf dem Maschinenturm sind Antriebwinde und Führerstand angeordnet, und zwar ist der Führerstand derart ge-

Abb. 4
Parallel fahrbarer Bleichert'scher Kabelkran mit Greifer zum Entladen von Grubenholz aus Lastkähnen

Abb. 9
Fahrbarer Brückenkabelkran zur Bedienung eines rechteckigen Holzlagers

wählt, daß der Bedienungsmann die Vorgänge im Schiff und auf dem Lagerplatz beobachten kann. In den wasserseitigen Turm wird eine selbsttätige Wage mit Aufschreibvorrichtung eingebaut, mit der das aus den Schiffen aufgegriffene Fördergut gewogen wird. Sämtliche mechanischen Teile, wie Lager, Achsen und sonstige wichtige Teile, sind zwecks Überwachung und Schmierung durch Treppen und Laufstege mit Geländer zugänglich gemacht. Zum Reinigen und Schmieren des Tragseiles ist eine selbsttätig wirkende Einrichtung auf der Katze angeordnet.

Zur Schonung der Kohlen wird der Greifer dicht über dem Stapel geöffnet, so daß keine größere Sturzhöhe in Frage kommt. Mit den vorgesehenen Arbeitsgeschwindigkeiten werden stündlich 19 bis 22 Förderspiele ausgeführt, so daß die geforderte Leistung von 80 bis 90 t/h mit Sicherheit erreicht wird. Die Kohlen sollen entweder vom Schiff unmittelbar oder vom Lagerplatz in die Kesselbunker gefördert werden, wobei ein Mischen verschiedener Kohlensorten möglich sein muß. Über dem Lagerplatz ist daher eine fahrbare Mischanlage vorhanden, die jeweils in die Kabelkranachse eingestellt wird. Da in der Regel hierbei die Mischanlage nur auf kurze Strecke verfahren zu werden braucht, ist das Fahrwerk der Mischanlage für Handbetrieb eingerichtet.

Die Mischanlage besteht aus einem standsicheren Gerüst aus Fachwerk, das drei Kohlenbunker trägt. Der Kabelkran kann somit drei verschiedene Kohlensorten in Bunkern nacheinander aufgeben. Die weitere Einrichtung der Anlage ist aus Abb. 5 bis 8 zu erkennen. Die Kohlen gelangen aus dem mittleren Trichter über ein Pendelbecherwerk ins Kesselhaus.

Das Anwendungsgebiet der Kabelkrane liegt bei Spannweiten über 100 m. Bei Krananlagen von geringere[r] Spannweite tritt der Brückenkran in Wettbewerb. Be[i] Spannweiten von 80 m abwärts wird der Kabelkran teure[r] als eine Verladebrücke, und zwar infolge der großen Ge[-] wichte, die zum Spannen der Tragkabel notwendig sind.

Um nun auch hier dem Kabelkran eine Verwendung zu erschließen, hat die Firma Bleichert neuerdings di[e] sogenannten Brückenkabelkrane gebaut. Di[e] Türme werden dann durch einen nach oben und nac[h] beiden Seiten ausgebauchten Träger verbunden. Als Fahr[-] bahn für die Katze dienen, wie zuvor, Tragkabel, die a[n] den Enden der Verbindungsträger so befestigt sind, da[ß] sie in der Hauptsache nur Druckspannungen auf sie über[-] tragen. Die geringen Biegungsspannungen werden durc[h] die aus dem Eigengewicht des Trägers ausgeglichen, s[o] daß der Träger, abgesehen von Biegungsspannungen durc[h] Wind und durch den Fahrwiderstandausgleich, beim Ver[-] fahren in der Hauptsache nur Druckkräfte aufzunehme[n] hat. Der Verbindungsträger wird infolgedessen ungemei[n] leicht, so daß auch die Stützen und Gründungen sowie da[s] Fahrwerk wesentlich leichter ausgeführt werden könne[n] und der Anschaffungswert und die Betriebskosten sinken. Abb. 9 zeigt einen fahrbaren Brückenkabelkran zur Be[-] dienung eines rechteckigen Holzlagers. Die Spannweit[e] beträgt 70 m, seine Leistung 38 t/h. Der Kran wurde fü[r] die Gewerkschaft Deutschland, Oelsnitz i. Erzgeb., geliefert.

[M 2387]

Die Maschinenanlage des Wasserkraftwerkes Wolchow,

das, etwa 120 km von Petersburg entfernt, zu dessen Stromversorgung dient, umfaßt acht Haupt- und zwei Hilfsmaschinensätze. Die Hauptturbinen, Francisspiralturbinen mit senkrechter Welle in Kammern aus Beton, leisten je 10 000 PS bei 10,5 m Gefäll und 75 Uml./min[1]). Die spezifische Drehzahl beträgt 405 für die Nennleistung und 425 bei einer Überlastung um 15 vH, die Schluckfähigkeit jeder Turbine bei Nennleistung 83 m³/s. Die Hauptturbinen wiegen insgesamt je 238 t. Das Laufrad mit 5030 mm größtem und 4930 mm Austrittsdurchmesser hat 12 Schaufeln aus Stahlguß. Die hohl ausgebildete Hauptwelle weist 560 mm Außendurchmesser auf. Die Wassergeschwindigkeit im Saugrohr beträgt 4,31 m/s.

Die Hauptturbinen sind je mit einem Drehstromerzeuger von 8750 kVA bei $\cos\varphi = 0,8$, 10 000 V und 50 Per./s gekuppelt. Zur Erregung dienen besondere Umformer vo[n] rd. 100 kW Leistung. Diese werden aus Hilfsturbinen dynamos gespeist, von denen zwei für Drehstrom vo[n] 1250 kVA bei 2200 V eingebaut sind. Die Hilfsstrom erzeuger werden mit 150 Uml./min durch 1400pferdige Tur[-] binen angetrieben; sie liefern auch den Strom für den eigne[n] Bedarf des Kraftwerkes. Für die Kraftübertragung nac[h] Petersburg dienen drei Transformatorensätze, die die Span[-] nung auf 120 000 V (Sternschaltung) erhöhen. Diese Sätz[e] bestehen aus je drei 11 700 kVA-Einphasentransformatore[n] mit 69 300 V Phasenspannung. Für die gesamte Kraft[-] übertragung genügen zwei Transformatorensätze, der dritt[e] ist als Aushilfe vorgesehen.

Die Kosten für den Bau und die Ausrüstung des Kraft[-] hauses und der Übertragungsleitungen belaufen sich au[f] rd. 63 Mill. Goldrubel, während die Gesamtkosten der Wol[-] chow-Wasserkraftanlage, also einschließlich der Erd- un[d] Wasserbauten, 90 Mill. Goldrubel betragen.

[N 276] Kz.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 359 und 365.

Amerikanische Elektroglühöfen und ihre Wirtschaftlichkeit

Von Dr.-Ing. Hans Nathusius, Berlin

Eigenart des Betriebes: Erreichbare Temperaturen, Lebensdauer, Blankglühen — Ausbildung und Betrieb der Öfen für Gußstücke, Bleche, Drahtrollen, der Wagenofen mit Wärmespeicherung, der Einheitsöfen und der Drehöfen — Kosten, Glühdauer, Gleichmäßigkeit der Erwärmung; Einfluß des elektrischen Glühens auf den gesamten Werkbetrieb.

Leider sind in Fachkreisen bezüglich der Elektroglühöfen teilweise allzugroße Hoffnungen erweckt worden, die nachher nicht erfüllt werden konnten und so Mißerfolge zeitigten; dies hat der an und für sich guten Sache nur geschadet.

Zunächst muß über die im Glühraum des Widerstandsofens mit metallischen Widerständen aufrechtzuerhaltende Temperatur gesagt werden, daß bei dem heutigen Stand unsrer Legierungstechnik — es kommen in der Hauptsache Legierungen von 80 vH Nickel und 20 vH Chrom für die Heizwiderstände in Frage — Temperaturen über 1000 °C nur unter gewissen Opfern erreicht werden können, nämlich nur dann, wenn man sich gegebenenfalls mit einer kürzeren Lebensdauer der Heizbänder abfinden will. Geht man mit der Betriebstemperatur nicht über 900 °C, so kann man getrost mit einer Haltbarkeit der Heizbänder von 5 bis 6 Jahren rechnen, was etwa einer Rücklage von 1 bis 2 vH von den Anlagekosten in einem Jahr entsprechen würde. Dies sind außer denen für Erneuerung der Kontakte bei den selbsttätigen Regelgeräten und für Papierrollen bei den Temperaturaufzeichen-Geräten die einzigen Unterhaltungskosten dieser Öfen. Ausbesserungen an den feuerfesten Wänden kommen nicht vor, da die Steine immer gleichmäßig beheizt werden und stets eine Temperatur von etwa 50 °C weniger als die der Heizbänder haben. Dasselbe gilt für die Isoliersteine, die Isolierstampfmasse und die sehr kräftige Ofenbewehrung. Auch bei diesen ist eine Überbeanspruchung ausgeschlossen. Hingegen ist die Lebensdauer der Heizbänder bei Anwendung von Temperaturen von 1150 bis 1200 °C unberechenbar; sie können hierbei schon nach kurzer Betriebzeit durchbrennen, wenn irgendeine schwache Stelle durch fehlerhaftes Walzen oder ungleichmäßige Legierung vorhanden ist.

Ein weiterer, oft mißverstandener Punkt ist die Frage, ob man im Elektroglühofen blank glühen kann. Diese Frage muß vorläufig wenigstens für den gewöhnlichen Elektroglühofen verneint werden. Tatsächlich blank glühen, d. h. ohne die geringste Zunderbildung, kann man im Elektroofen nur, wenn man das Glühgut in Glühkisten oder unter Hauben mit Sauerstoff aufzehrendem Stoff wie Eisenfeilicht, Blechschrot usw. oder in geschlossene Behälter, Retorten usw. einpackt, in die man zur Verdrängung der Luft ein Schutzgas einleitet. Neuerdings verwendet man zum Blankglühen den Heraeus-Rohn-Ofen[1]), den Stassinet-Ofen und andere Sonderkonstruktionen, die in den Glühraum selbst Schutzgase einleiten. Die Wirtschaftlichkeit, die Betriebsicherheit und auch der restlose Erfolg dieser Verfahren erscheinen mir vorläufig noch zweifelhaft.

[1]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1101 und Bd. 69 (1925) S. 1434.

Abb. 1 und 2
Quer- und Längsschnitt durch einen Wagenofen zum Glühen von Gußstücken

Abb. 3
Elektrischer Ofen zum Glühen von Blechen

Trotzdem kann man in Werbeschriften über Elektroöfen einiger Ofenbaufirmen lesen: „Die Erhitzung erfolgt in ruhender neutraler Atmosphäre", oder „keine Oxydation des Gutes durch eindringende Luft"! In Wirklichkeit ist die Atmosphäre im Widerstandsofen mit metallischen Widerständen oxydierend, wenn auch leicht oxydierend; denn in dem Glühraum befindet sich außer dem Glühgut selbst atmosphärische Luft. Eine gewisse Luftzufuhr ist beim Öffnen der Tür ebenfalls nicht zu vermeiden.

Die George J. Hagan-Gesellschaft, Pittsburgh, hat versucht, durch Miteinsetzen von etwas Holzkohle in den Glühraum mit dem Glühgut zusammen, eine neutrale Kohlenoxydatmosphäre zu schaffen. Leider sind diese Versuche bislang fehlgeschlagen; denn es bildete sich neben dem Kohlenoxydgas auch Kohlensäure, die sich bei Temperaturen über 700 °C leicht zersetzt. Außerdem wird durch katalytische Wirkung der Heizbänder auch das Kohlenoxydgas häufig wieder zerlegt und gibt seinen Sauerstoff an das Glühgut ab. Die Versuche werden indessen dauernd weitergeführt, und man hofft, in absehbarer Zeit vielleicht doch noch zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen.

Die langjährigen Erfahrungen, die die Amerikaner bereits auf diesem Gebiete gesammelt haben, beweisen aber, daß die sich im jetzigen Elektroglühofen bildende Zunderschicht äußerst dünn ist und nur sehr locker auf dem Glühgut haftet, so daß, z. B. im Gegensatz zu Gußstücken, die man nach dem Glühen im Verbrennungsofen mit dem Sandstrahlgebläse putzen muß, beim elektrischen Glühen ein Reinigen mit Drahtbürsten vollauf genügt.

Abb. 4
Wagenofen mit Wärmespeicherung zum elektrischen Glühen von Draht

Der Vorteil elektrischer Glühung von Gußstücken, sei es Grauguß oder Stahlguß, besteht außer in der geringen Zunderbildung in der Genauigkeit und Gleichmäßigkeit der Durchglühung und in einer Verbesserung der Güte, die sich durch eine merkliche Verringerung der Bearbeitungs- und Werkzeugkosten auswirkt. Alle Stücke, die unter keinen Umständen auch nur die geringste Verformung zulassen, wie Maschinenzylinder, Turbinengehäuse, Magneträder, Werkzeugmaschinenteile usw., besonders wenn sie nachher im Betrieb abwechselnd der Kälte und der Wärme ausgesetzt sind, werden in Amerika geglüht.

Bei den zum Glühen von Gußstücken verwendeten Öfen, Abb. 1 und 2, legt man das Glühgut auf einen Wagen und fährt diesen dann in den Glühraum hinein. Die Vorteile dieser Anordnung sind, daß der Einsatz vorher auf den Wagen gelegt und nach Beendigung des vorhergegangenen Glühvorganges ohne großen Wärmeverlust auf einmal schnell in den Glühraum hineingeschoben werden kann; ferner kann man den Einsatz nach Beendigung der Glühung und nachdem die Ofentemperatur um 100 bis 150 °C unter die Glühtemperatur heruntergegangen ist, außerhalb des Ofens sich abkühlen lassen. Die Ofenwände werden nicht viel ausgekühlt, wodurch der neue Einsatz schneller erwärmt wird und an Wärme gespart werden kann. Da die Wände der Elektroglühöfen sehr gut gegen Wärmefluß isoliert werden, ist es natürlich unwirtschaftlich, die Abkühlung in dem eigentlichen Glühraum vorzunehmen.

Beim Glühen von Blechen im elektrischen Ofen, Abb. 3, wird eine wesentlich höhere Güte der Fläche erreicht als beim Glühen im Verbrennungsofen. Jedes Blechpaket wird von oben bis unten und von der Seite bis zur Mitte unbedingt gleichmäßig durchglüht. Verziehen oder Rauhwerden der Bleche wird ganz vermieden. Die Bleche kleben nicht mehr zusammen, und die Ecken werden nicht verbrannt. Glühhauben, die zuerst auch bei Elektroöfen angewendet wurden, haben sich als überflüssig während des Glühens erwiesen, sofern man nicht auf Blankglühen der Bleche besteht. Durch die Benutzung von Glühhauben wird der elektrische Ofen in vielen Fäll unwirtschaftlich, weil der Wärmeaufwand in teur Elektrokalorien auch für die Erhitzung der schwer Hauben mit aufgebracht werden muß. In einigen Fäll wird in Amerika solche Haube, Abb. 3 rechts, nur üb die Bleche nach dem Herausziehen aus dem Of gedeckt, um zu verhüten, daß sie beim Abkühlen dur die Außenluft zu stark oxydieren.

Infolge der geringen Oxydschicht beim elektrisch Glühen der Bleche konnte die nachfolgende Reinigung arbeit um 50 vH verringert werden; außerdem wurde d Säureverbrauch zum Beizen stark vermindert, das Gewic der Bleche erhöhte sich entsprechend.

Die Ergebnisse, die man in Amerika mit dem ele trischen Glühen von Blechen für Transformatoren u Motorwagen erreicht hat, haben deshalb nicht nur bezi lich der Güte die Erwartungen übertroffen, sondern stellte sich auch heraus, daß die Kosten der Glühung fast allen Fällen niedriger waren als bei den früher a gewendeten Verfahren.

Bei einer amerikanischen Kugellagerfabrik sind vi solcher Wagenöfen in Betrieb. Zunächst bedeckte m auch hier aus Besorgnis wegen zu starker Zunderung Kugellager mit einer Haube aus Chromnickellegierun Nach kurzer Zeit stellte sich heraus, daß diese Hau unnötig sei, und man goß sie zu einem Gestell für Kugellager um. Dadurch verringerte sich das Gewic an Chromnickellegierung für einen Ofen von etwa 10 auf 350 kg, was für das Werk eine Ersparnis von 15 000 kg Nickelchromlegierung im Werte von annäher 30 000 $ ausmachte. Die reinen Wärmeerzeugungskost waren bei einem Strompreise von 0,9 c für 1 kWh nic höher als bei der Ölfeuerung. Die Glühdauer wurde v 72 auf 48 h herabgedrückt. Die Bearbeitungskosten wu den stark vermindert. Bei einer großen Anzahl Wer stücke wurde die in der gleichen Zeit mit denselben M schinen durchgeführte Bearbeitung verdoppelt.

Das gleiche gilt für das elektrische Glühen von Dra Auch hierzu bedient man sich in Amerika des Wage ofens, jedoch einer Abart, des Regenerativ-Wagenofens. D Ofen, Abb. 4, hat eine Doppelreihe von drei hinterei ander angeordneten Kammern, vorn eine Vorwärmka mer, in der Mitte die eigentliche Glühkammer, die alle elektrisch beheizt ist, und hinten eine Abkühlkammer. wird hier also das Gegenstromverfahren angewendet. B dem nächsten Glühgang ist der Weg des Gutes umgekeh Der thermische Wirkungsgrad dieses Ofens ist wesentli besser als bei gewöhnlichen Wagenofen, d. h. praktis 100 vH, vorausgesetzt, daß sich der Ofen auf Temperatu gleichgewicht befindet.

Die Anwendung des elektrischen Ofens zum Glüh von Draht wird sicher auch bei uns allgemein werde sobald man erkannt haben wird, wie ausgezeichnet damit erreichten Ergebnisse bezüglich Güte und Erze gungsmenge sind.

Ich hatte Gelegenheit, dies in einer Hufnagel- u Formstiftefabrik in Buffalo aus eigener Anschauung einem Hagan-Ofen zu prüfen, der bereits annähernd 10 00 Draht, ohne jeglichen Ausschuß oder Erfordernis noc maliger Glühung, elektrisch geglüht hatte.

Der Draht wird in Rollen von etwa 115 kg eingeset und der Einsatz für einen Ofenwagen wiegt rd. 3500 k Die Rollen werden über Halter gestülpt, so daß die warn Luft unter ihnen hindurchstreichen kann. Auf die Weise kann — wenn nicht aus besonderen Gründen ei längere Durchglühung erforderlich ist — in weniger a 3 h ein Einsatz fertig geglüht werden. Die oberen Spitz

Abb. 5 und 6
Temperaturkurven eines Regenerativ-Wagenofens beim Glühen von Draht. Kurve *A* wurde bei ununterbrochenen (25 h), Kurve *B* bei besonderen Einsätzen aufgenommen, die ein längeres Durchglühen erforderten.

Abb. 7 und 8
Längs- und Querschnitt durch einen Einheitsofen
a nutzbare Herdbreite *b* nutzbare Höhe

Abb. 9 und 10
Hagan-Ofen mit drehbarem Herd

er Temperaturkurven, Abb. 5 und 6, geben die Temeratur der Heizbänder und die unteren Spitzen die des insatzes an. Nach den mir vom Vorsitzenden der Gesellchaft gemachten persönlichen Angaben ist die elektrische lühung des Drahtes, der Strom kostet hier ½ bis 1 c/kWh, nach der Gesamtenergieentnahme, billiger als bei den üher benutzten Glühöfen, die mit Gas- oder Ölfeueng betrieben wurden. Die Güte des Drahtes ist wesentch besser geworden, vor allen Dingen, weil die Zundeung geringer wird.

Die größere Gleichmäßigkeit der Glühung, ganz gleich, b die Drahtrollen von oben oder von unten entnommen erden, hat die Unterhaltungskosten der Walzen und der uren Zieheisen und Mundstücke aus Wolframstahl erblich verringert.

Außer dem Wagenofen mit Wärmespeicherung, der für rößere Erzeugungsmengen in Frage kommt, wird in merika auch der Standard-Ofen, Abb. 7 und 8, zum lühen kleinerer Mengen Draht benutzt. Diese Einheitsfen können, wie alle Hagan-Öfen, ohne Zwischenschalng eines besonderen Transformators unmittelbar an das Verknetz angeschlossen werden. Sie werden je nach edarf mit oder ohne Herdbeheizung geliefert.

Abb. 11
Elektrodrehöfen mit drehbarem Deckel zum Einsatzhärten, Anlassen und Glühen

Die Breite des Herdes für Einheitsöfen mit Legierungsherdplatte ist infolge der Durchbiegung breiterer Platten bei der Glühtemperatur auf 1300 mm begrenzt. Die Einheitsöfen mit gemauertem Herd werden normalerweise bis zu 1600 mm Breite und 3600 mm Länge ausgeführt. Diese Einheitsöfen dienen vielfach zur Einsatzhärtung von Motorwagenteilen und zum Glühen von kleineren Schmiedestücken. Die Öfen werden mit der Hand oder durch Elektrokarren beschickt.

Auf einer sehr hohen Stufe der Entwicklung stehen in Amerika die Elektrodrehöfen, d. h. mit drehbarem Herd und auch mit drehbarem Deckel.

Die Öfen, Abb. 9 und 10, haben zwei nebeneinanderliegende Türöffnungen, eine zum Einsetzen, die andre, um das Glühgut nach Beendigung des Glühvorganges herauszunehmen. Beide sind durch eine Mauer getrennt, damit das neu eingesetzte kalte Gut das fertig geglühte nicht abschreckt. Den drehbaren Herd hat man zur Verhütung von Luftzutritt in den Glühraum mit Sand abgedichtet.

Abb. 11 zeigt zwei Öfen mit drehbarem Deckel, bei denen das Glühgut (kleine Motorwagenteile) von oben in den Glühraum hineingehängt werden. Diese Öfen stehen mitten in einer

Abb. 12

Abb. 12 bis 14
Doppelofenanlage mit drehbarem Herd zum Härten und Anlassen von Kurbelwellen in einer amerikanischen Kraftwagenfabrik

Abb. 14

Abb. 13

großen Werkstatt, da keine unangenehme Wärme ausgestrahlt, kein Rauch entwickelt wird und keine Verbrennungsgase ausströmen.

Die Drehöfen werden in Amerika zum Einsatzhärten, Anlassen und Glühen hauptsächlich in der Motorwagenindustrie bei Reihenfertigung mit großem Vorteil seit 2 bis 3 Jahren angewendet, und zwar schon in ansehnlichen Größen von 5 bis 8 m Dmr., bei 500 kW Energiezufuhr und einer monatlichen Durchsatzmenge von 1000 bis 1500 t.

Abb. 12 bis 14 stellen eine Anlage dar, die zur Herstellung geschmiedeter Kurbelwellen für Motorwagen dient. Es werden jedesmal vier bis sechs Kurbelwellen im Gewicht von 32 bis 57 kg selbsttätig gehärtet, abgeschreckt und angelassen. Die Anlage besteht aus zwei Elektroöfen mit umlaufendem Herd, einem Abschreckbehälter mit einem Förderband und einem weiteren Förderband, um die Kurbelwellen von dem Anlaßofen fortzubefördern. Bei den maschinell betriebenen Drehöfen ist die Anpassung an die vorhergegangene Behandlung der Werkstücke und deshalb auch die Lohnersparnis recht erheblich. Berücksichtigt man außerdem die hervorragende Güte der darin gehärteten und angelassenen Erzeugnisse, so kommt man bei einem Strompreis von 4 bis 5 ₰/kWh auf eine solche Ersparnis, daß sich der Ofen bei Dauerbetrieb in einem Jahr bezahlt macht. Hier bietet sich unsrer fortgeschrittenen Fertigindustrie ein offener Weg, um Erfolge zu erreichen, indem durch solche höchst wirtschaftlich und genau arbeitende Öfen nicht nur die Gesamtgestehungskosten ihrer Erzeugnisse erniedrigt werden, sondern auch die Güte erhöht wird.

Der Umstand, daß schon Ende 1925 in Amerika etwa 500 elektrische Widerstandsöfen größerer Abmessungen in industriellen Anlagen mit etwa 30000 kW Anschlußwert erfolgreich betrieben wurden, ohne die vielen kleinen Laboratoriumsöfen und Härteöfen zu rechnen, muß zu denken Veranlassung geben.

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Elektroglühöfen muß zunächst bemerkt werden, daß es wenig Zweck hat, zum Vergleich mit andern Ofenarten nur die relativen Kosten der Wärmeeinheit heranzuziehen, wenn nicht auch gleichzeitig alle andern Bedingungen einschließlich der Hilfseinrichtungen, die zur Durchführung der Wärmebehandlung beitragen, mit in Rechnung gezogen werden. Es ist unmöglich, zu bestimmen, daß irgendeine Wärmequelle die größte Gesamtersparnis bringt, wenn nicht alle Betriebsbedingungen mit ihrem tatsächlichen Wert für den jeweilig in Frage kommenden besonderen Wärmevorgang eingesetzt werden. Gerade der Elektroofen arbeitet aber unter besonders günstigen Begleitumständen. Um sich volle Klarheit zu verschaffen, muß man die Wärmebehandlung der Metalle richtig auffassen, nämlich als die Aufgabe der geeigneten Zuführung oder Entziehung einer gewissen Menge Wärmeeinheiten zu bestimmter Zeit und mit der nötigen Geschwindigkeit, damit das Glühgut die gewünschten physikalischen Eigenschaften erhält. Es ist also wichtig, daß der Wärmeingenieur seine Glühanlage so auswählt, daß sie sich zur Ausführung der Arbeit den jeweiligen besonderen Erfordernissen am besten anpaßt, und daß er den geschicktesten Gebrauch von der ihm unterstellten Anlage machen kann, um die niedrigsten Gesamtgestehungskosten zu erreichen. Die Quelle der Wärmeenergie, die Mittel für ihre wirksame Umwandlung, die Verfahren, die eine wirtschaftliche Erhaltung dieser erzeugten Wärme erlauben, und die befriedigendsten Verfahren der Übertragung der Wärmeenergie von einem Gegenstand auf den anderen und ihre Verteilung und Regelung müssen in solcher Weise miteinander vereinigt sein, daß sie zusammengenommen das gewünschte Ergebnis haben. Die Gründe, weshalb der Elektroofen diesen Bedingungen am besten Genüge leistet, sind folgende:

Die Zuführung der Wärmeenergie ist beim Elektroofen am einfachsten und am besten nachzuprüfen.

Die Überwachung des Glühvorganges kann genau durchgeführt werden, weil die Wärmeverteilung im Elektroofen praktisch vollkommen gleichmäßig ist. Die Betriebstemperatur kann auf 5 °C genau, notfalls noch feiner eingestellt und selbsttätig geregelt werden, so daß man einen einmal als günstig herausgefundenen Glüharbeitsgang beliebig oft, Tag für Tag, immer wiederholen kann. Man kann hier sogar die menschliche Unzulänglichkeit ausschalten, indem man selbsttätige Zeitbegrenzer zum Ein- und Ausschalten der Öfen zu bestimmten Zeiten verwendet.

Die Ofenatmosphäre ist nur leicht oxydierend; die Entkohlung und Oxydation des Glühgutes ist wesentlich geringer als bei brennstoffgefeuerten Öfen. Die Arbeitsbedingungen, unter denen der Elektroofen betrieben wird, sind äußerst günstig; ihm entströmen keine übelriechenden Verbrennungsgase, er entwickelt keinen Rauch, strahlt keine übermäßige Hitze aus und arbeitet geräuschlos.

Diese Vorteile wirken sich natürlich in den Gesamtgestehungskosten der Erzeugnisse durch wesentliche Ersparnisse aus, was besonders bei hochwertigen Erzeugnissen schwer in die Wagschale fällt.

So gibt es in Amerika eine große Anzahl Werke, deren Ausschuß durch fehlerhaftes Glühen bei Anwendung des Elektroofens auf null herabgesetzt wurde. Bei einigen Werken betrug die Verminderung der Kosten für die dem Glühvorgange folgenden Reinigungsarbeiten zweimal so viel, als die Gesamtunkosten für die Wärmebehandlung des Glühgutes selbst ausmachten.

Das gleiche gilt für die nachfolgenden Bearbeitungskosten der Werkstücke. Die Geschwindigkeit der selbsttätigen Werkzeugmaschinen muß je nach den härtesten Stellen des Werkstückes eingestellt werden. Starke Unterschiede in der Härte der Oberfläche des Werkstückes, die meist eine Folge ungleichmäßiger Wärmebehandlung sind, verlangsamen die Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine. Bei elektrisch geglühten Werkstoffen sind infolge der Gleichmäßigkeit der Glühung diese harten Stellen fast vollständig vermieden. Deshalb sind die Ersparnisse an Bearbeitungskosten und Werkzeugen nicht unerheblich.

Weiter sind die Unkosten für die Betriebhilfsmittel und den Raumbedarf beim Elektroglühofen sehr gering. Gaserzeuger-Anlagen, Rohrleitungen fallen fort. Aufbewahrung von Kohlen oder Öl, Förderung der Kohlen und von Asche, Pumpen von Öl usw. ist nicht erforderlich. Auch sind keine Gebläse, in vielen Fällen auch keine Glühkisten nötig.

Weiter fallen die jährlichen Ausbesserungen und die damit verbundenen, sehr kostspieligen längeren Betriebsunterbrechungen fort.

Schließlich ist noch die Ersparnis hervorzuheben, die dadurch erreicht wird, daß die Arbeitsbedingungen des elektrischen Ofens so günstig und angenehm sind. Auf mehreren amerikanischen Werken wurde mir versichert, daß die dabei beschäftigten Arbeiter, besonders im Sommer, 40 bis 50 vH mehr leisten als früher, als sie an brennstoffgefeuerten Öfen arbeiteten. Hinzu kommt noch der Vorteil, daß man diese Öfen mitten in der Werkstatt aufstellen kann und dadurch wieder wesentlich an Förderkosten spart.

Leider lassen sich alle eben genannten Ersparnisse auch nicht einmal ungefähr berechnen. Auf den meisten Werken werden ins einzelne gehende Aufzeichnungen, die dies alles erfassen, nicht gemacht, und man muß sich hierbei vorläufig auf Schätzungen verlassen. Sicher ist nur, daß man bei Prüfung der verschiedenen Beheizungsarten für ganz bestimmte Verhältnisse niemals die reinen Wärmeenergiekosten vergleichen darf, sondern alle Punkte berücksichtigen muß, die oben angeführt sind.

Es dürfte kaum zweifelhaft sein, daß sich auch bei den in Deutschland in Frage kommenden Strompreisen bei Berücksichtigung aller Bedingungen in den weitaus meisten Fällen der Elektroglühofen als der wirtschaftlichere herausstellen wird. [B 136]

Modelle für Eisenkonstruktionen

Abb. 1 zeigt Holzmuster für Profileisen, die aus gefrästen Hölzern hergestellt sind. Gegenüber den bisher verwendeten Mustern für Eisenbauten, die aus Hölzern mit geleimten Flanschen oder aus steifem Papier oder Pappe hergestellt waren, haben die nach dem neuen Verfahren angefertigten Muster den Vorzug längerer Lebensdauer, einer der Wirklichkeit näherkommenden Ausführung und der Billigkeit, die durch die Massenherstellung der Profile ermöglicht wird.

Für die Beförderung kann man umfangreichere Modelle leicht in einzelne Konstruktionsteile zerlegen. Diese können auf einfache Weise an geeigneten Stellen durch Schrauben wieder zusammengefügt werden, ohne daß die Festigkeit des ganzen Musters beeinträchtigt wird. Die Einzelteile von größeren Baumustern werden miteinander an den Knotenpunkten mit Hilfe von Knotenblechen aus Sperrholz oder unter Verwendung von Metallblechen durch Schrauben zusammengehalten. Abb. 2 zeigt ein mit den gefrästen Hölzern ausgeführtes Modell eines Förderturmes.

[RZ 287 Z 1]

Abb. 1
Verschiedene Holzmodelle für Profileisen aus gefrästen Hölzern

[RZ 287 Z 2]

Abb. 2
Mit gefrästen Hölzern ausgeführtes Modell eines Förderturmes

Die Profile lassen sich sehr vielseitig verwenden, besonders im ausgesprochenen Modellbau für Ausstellungen, aber auch technische Lehranstalten können im weitesten Maße für Versuchs- und Lehrzwecke davon Gebrauch machen. Mit dem Bau der gefrästen Modelle befaßt sich die Firma Wilh. Sievers, Braunschweig[1]). Durch den Bezug von Profilstäben, die für sämtliche im Eisenkonstruktionsfach vorkommenden Größen in den verkleinerten Maßstäben 1 : 10, 1 : 20 usw. hergestellt werden, ist die Möglichkeit des Selbstbaues gegeben. [M 287]

[1]) DRP Nr. 109763, Ing. W. Kohlig.

Fortschritte in der Papierindustrie

Von Carl Baudisch, Fabrikdirektor a. D., beratender Ingenieur der Papierindustrie, Neuß a. Rh.

Ersatz des Menschen durch die Maschine in der Papierindustrie — Die Nachbehandlung der Zellulose — Fortschritte bei der Herstellung des Zeitungsdruckpapiers — Neuere Rundsieb-Kartonmaschine

Wenn auch die Papierindustrie in den letzten Jahren keine umwälzenden Neuerungen brachte, so schafften doch der Wissenschaftler und der Techniker am Ausbau des Gegebenen. Wir sind weiter gekommen, sowohl in der Verbesserung und Ausbeute der Rohstoffe, als auch in der Leistungsteigerung, so daß wir hierin dem Ausland in den einzelnen Fabriken nicht mehr weit nachstehen.

Der Vorsprung, den Amerika und Kanada uns gegenüber erreicht hatten, war sehr groß, zumal diese Länder über einen besonderen Schatz an Rohstoffen verfügen und Geld in genügenden Mengen auftreiben können.

Nach Dr. Walter Brecht hat sich[1]) die Zahl der Arbeiter seit 20 Jahren für die Herstellung einer amerikanischen Tonne (907 kg) Zeitungsdruckpapier folgendermaßen verringert: Vor 20 Jahren waren nötig 6 bis 7 Arbeitskräfte, vor 15 Jahren 5 bis 6, vor 10 Jahren 4 bis 5, vor 5 Jahren 3 bis 4. An der pazifischen Küste sollen nicht mehr als 1,5 Arbeiter für die Herstellung von 1 t in 24 h gebraucht werden. Solche Ziffern erreichen wir heute wohl nur in einigen Ausnahmen, im allgemeinen aber noch nicht ganz.

Wenn die Amerikaner und auch wir in Deutschland bei den neuzeitlichen Fabrikanlagen bereits so wenig Bedienungsmannschaft nötig haben, so liegt es daran, daß die Maschinen große Abmessungen haben und mit hohen Geschwindigkeiten arbeiten. Die neuen Maschinen für Zeitungsdruckpapier liefern bereits 300 m/min Papier von 6,10 m Breite. Jedoch gibt es alte Anlagen, die bei 2,10 m Breite nur 100 bis 150 m/min desselben Papiers erzeugen. Da diese Maschinen, soweit es die Papiermaschine und den Holländersaal anbelangt, fast die gleiche Bedienungsmannschaft verlangen, so liegt die Unwirtschaftlichkeit solcher alten Werke auf der Hand.

Die allgemeine Verarmung führt auch im Papierverbrauch zur Sparsamkeit. Die Erzeugung der hochfeinen Papiere ist daher sehr stark zurückgegangen, der Verbrauch an feinen und mittelfeinen Papieren gestiegen. Die hochfeinen Papiere werden zum größten Teil aus reinem Lumpenstoff erzeugt, während man bei feinen und mittelfeinen Papieren auf die chemisch aufgeschlossene Holzfaser, Zellulose genannt, zurückgeht. In der Lumpen-Halbstoffbereitung verzeichnen wir ein deutsches Reichspatent, Klasse 55 c Nr. 388 303. Es hat eine neuartige Einrichtung zum Gegenstand, die die zum Mahlen und Waschen der Lumpen nötige Zeit um mehr als 50 vH vermindert und damit Kosten für Kraft und Löhne spart. Durch die eigenartige Wasserzuführung erhält der Stoff eine erhöhte Geschwindigkeit und wird in gesteigertem Maße gespült. Der Kraftbedarf ist aber nach dem neuen Verfahren nicht gestiegen.

Im Kochen der Lumpen sind keine Veränderungen zu verzeichnen, wohl aber auf dem Gebiete der Holzzellstoffaser, die man aber nicht als abgeschlossen betrachten kann. Die Nachbehandlung der Zellulose hat sich allerdings weiter eingeführt, und zwar, wenn es sich um einen Halbstoff handelt, der frei von allen Ligninbestandteilen sein muß. Bei der Papierherstellung sind diese Ligninstoffe, wenn sie nicht allzu stark auftreten, nicht so schädlich, da sie durch die Bleicherei fast gänzlich entfernt werden. Wenn die Zellulose jedoch zur Herstellung von Kunstseide oder zum Nitrieren bestimmt ist, wirken sie sehr störend.

Die Untersuchung des Kochverfahrens geht aber nicht nur darauf hinaus, einen günstigen Weg für die Entfernung der Lignine zu finden, sondern auch die bestehenden Verfahren zu verbessern und besonders das Aufschließen von Kiefernholz zu ergründen. Für diese

[1]) Wochenblatt für Papierfabrikation, Bieberach.

Abb. 1
Hochdruck-Stoffauflauf der Zeitungsdruck-Papiermaschine von J. M. Voith

Holzsorte wird heute nach dem Sulfatverfahren gearbeitet, das jedoch in unserm überreich bevölkerten Lande nicht durchgeführt werden kann, denn die Geruchbelästigung ist dabei sehr groß. Die Wissenschaft beschäftigt sich nun sehr eingehend damit, die Aufschließung dieses harzreichen Holzes auf einem anderen Wege zu erreichen.

In den Verfahren, die Zellulose zu bleichen, haben wir in den letzten Jahren umfassende Neuerungen kennen gelernt, die einen sehr großen Fortschritt bedeuten. Man ist vor allem dazu übergegangen, bei hoher Stoffdichte zu arbeiten, weil man festgestellt hat, daß niedrigere Stoffdichten eine geringe Ausbeute und deutliche Hydrolyse des gebleichten Zellstoffes bedingen. Je dicker nun das Bleichgut und je dicker die Bleichflüssigkeit, um so besser ist die Ausbeute, aber auch um so geringer wird das Fasergut selbst angegriffen, was Prof. Schwalbe und Dr. Wenzel besonders festgestellt haben. Sie erklären auch noch weiter, daß die Bleichdauer und die Güte der Bleiche durch Verwendung von Kohlensäure in freier Luft in keinerlei Weise beeinflußt wird. Es scheint demnach, als ob andre Bestandteile der Luft von Bedeutung sein müssen. Prof. Schwalbe versuchte das Bleichen mit Stickstoff; dabei ergab sich eine ebenso gute Bleichwirkung, womit der Nachweis erbracht war, daß der Luftsauerstoff nicht an der Bleichwirkung teilnimmt, sondern dazu dient, die in der Bleiche entstehenden Zersetzungserzeugnisse zu beseitigen.

Je energischer das Bleichgut bewegt wird, um so besser wird der Stoff entlüftet und die in ihm sich anreichernde Kohlensäure entfernt. Schwalbe und Wenzel wiesen nach, daß, sobald Kohlensäure im Übermaß vorhanden ist, die Bleiche allmählich zum Stillstand kommt, wenn sie auch bei Beginn der Bleiche zunächst eine Beschleunigung hervorrufen kann. Auch in Skandinavien und Amerika ist das Bleichen bei hoher Stoffkonzentra-

ion bereits eingeführt. Die Ersparnisse nach dem Wolf-Bleichverfahren, das J. M. Voith, Heidenheim, in Deutschland eingeführt hat, sollen sehr bedeutend sein. Neben der großen Chlorersparnis ist die wichtige Ersparnis an Zeit und Kraft nicht zu vergessen.

Unablässig wird daran gearbeitet, die Reinheit der Zellulose zu erhöhen. In den letzten Jahren sind hauptsächlich Schleuder-Sortierer mit rundgelochten Sortierblechen, die feststehen, verwendet worden. Bei diesen läßt jedoch die erzielbare Reinheit zu wünschen übrig, und sie sind deshalb nicht in allen Fällen zu gebrauchen, weil, besonders bei hartgekochtem Stoff, die Splitter, durch die schnell umlaufenden Flügel zerschlagen werden können. Daneben werden auch im geringen Umfange Plan-Sortierer mit feingeschlitzten Platten verwendet, wobei allerdings nur eine im Verhältnis zum Platzbedarf geringe Leistung erzielt werden kann.

Als großer Fortschritt ist der seit etwa zwei Jahren eingeführte Feinsortierer des norwegischen Ingenieurs Sverre Thune, Oslo, zu bezeichnen. Dieser Thune-Sortierer besteht aus einer in einem geschlossenen Gehäuse laufenden Sortiertrommel mit gefrästen Schlitzplatten, die ebenso fein sind wie beim Plansortierer. Er vermeidet also die Nachteile des Schleudersortierers und hat anderseits einen sehr geringen Platz- und Kraftbedarf bei verhältnismäßig großer Leistung. Der Thune-Sortierer ist in den nordischen Ländern schon stark verbreitet und neuerdings auch in Deutschland und andern Ländern mit sehr gutem Erfolg eingeführt. Die Ausführung für Deutschland und Mitteleuropa hat die Firma Hermann Finckh, Reutlingen, übernommen.

Die Druckpapierindustrie hat in Deutschland gewaltige Fortschritte zu verzeichnen. Nach meinen Berechnungen sind wir nicht weit davon entfernt, die amerikanischen Zahlen zu erreichen. Besonders leistungsfähige Maschinen auf diesem Gebiete liefert seit einigen Jahren die Firma J. M. Voith in Heidenheim. Sie brachte auch die wichtigste und bemerkenswerte Neuerung auf den Markt, den stetigen Schleifer[2]).

Zeitungsdruckpapier besteht aus rd. 20 vH Zellulose und 80 vH Holzschliff. Dieser ist ein feinfaseriges Stoffgut, das aus geschältem, gesundem Fichtenrundholz auf einem umlaufenden Sand- oder Kunststein hergestellt wird. Während man nun in den letzten Jahrzehnten die fünfpressigen Schleifer durch solche mit drei Pressen verdrängte, gelang es Voith, in einer einzigen Presse den Gesamtdruck aufzunehmen.

Der grobfaserige und splittrige Stoff muß erst wieder durch eine Feinfasermaschine laufen (Raffineur), der aber auch die Fasern fast völlig zerstört, wodurch dann im fertigen Papier das vom Drucker so gefürchtete Stauben entsteht. Das Holz wird beim stetigen Schleifer auf einem etwa 1 m langen Kreisbogen unter stets gleichbleibendem Druck auf den umlaufenden Stein gepreßt. Der sogenannte Raffineurstoff ist durch dieses Verfahren um fast die Hälfte zurückgegangen, womit auch der weitere Vorteil eintrat, daß die Sortiermaschinen sehr entlastet wurden. Die stetigen Schleifer werden in den verschiedensten Breiten von 0,5 m bis 2 m gebaut. Sie nehmen 200 bis 2000 PS Leistung auf. Der Arbeitsbedarf stellt sich bei bestem, langem, schmierigem Holzschliff auf 5 PS × 24 Stunden = 120 PSh für 100 kg lufttrockenen Holzes. Ein Scheifer mit 1 m Schleifbreite, der 1200 PS aufnimmt, liefert 24 t Schliff in einem Tage.

Zeitungsdruckpapier-Maschinen. Die größte, breiteste und am schnellsten laufende Papiermaschine Deutschlands, die insgesamt rd. 100 m lang ist bei 5950 mm Siebbreite, wurde bereits in Z. Nr. 18 S. 585 erwähnt. Drei Knotenfänger mit Planschüttlung, Bauart Voith, reinigen den Papierbrei, der nach dem Hochdruckstoffauflauf der Siebpartie fließt. Dieser Auflauf, Bauart Voith, Abb. 1, ermöglicht erst die hohe Arbeitsgeschwindigkeit (350 m/min). Die Stoffhöhe ist für die verschiedenen Geschwindigkeiten einstellbar, was sehr wichtig ist, wenn das Papier sehr gleichmäßig durchsichtig sein soll. Die Auslaufschnauze, die die ganze Siebbreite einnimmt, ist entsprechend der Papierdicke verstellbar, und auch in der Richtung der Maschinenbreite lassen sich etwaige Unebenheiten ausgleichen. Eine im Stoffkasten vor dem Auslauf angebrachte Lochwalze sorgt für gleichmäßige Verteilung des Stoffes und verhindert Batzenbildung. Sie dreht sich im Stoff. Dadurch begünstigt sie die Verteilung und reinigt sich außerdem selbst. Hinter dem Stoffkasten gelangt der flüssige Brei (bei voller Ausnutzung rd. 60 000 l/min) auf die Siebpartie, in die ein endloses Sieb eingespannt ist, das von 19 Register- und Niveauwalzen getragen wird; diese haben 231 mm Dmr. und entziehen infolge ihrer Adhäsionswirkung bereits die größte Menge des Stoffwassers. Die Saugwirkung der Walzen ist sehr beträchtlich; sie steigert sich mit der Papiergeschwindigkeit. Das abfließende Siebwasser wird unterhalb in einem sogenannten Siebtisch gesammelt und mittels einer Pumpe wieder als Stoffverdünnungswasser verwendet. Hinter den Walzen folgen rd. 0,75 m breite Saugkasten, in denen durch umlaufende Saugpumpen ein zunehmender Unterdruck erzeugt wird. Auf die Saugkasten folgen die Gautschpresse und drei Naßpressen, die je einen endlosen Naßfilz führen. Hier wird die Papierbahn weiter entwässert; sie gelangt mit rd. 35 vH Trockengehalt in den Trockenteil der Maschine. Die erste Naßpresse ist außerdem mit einer Filzwaschpresse und einem Filzsauger ausgestattet. Der Trockenteil umfaßt 36 Trockenzylinder mit 1800 mm Dmr. in drei Gruppen und 12 Filztrockner mit 1500 mm Dmr. Sodann folgt ein Kalander mit 10 Walzen, der dem Papier die nötige Druckglätte verleiht. Hieran schließt sich die Aufrollvorrichtung, womit das Papier fertiggestellt ist.

Die Papierbahn wird durch die ganze Maschine von der Gautschpresse bis zur Aufrollvorrichtung mittels einer selbsttätigen Druckluftleitung weitergeführt. Die erforderliche Druckluft liefert ein Verdichter mit 5 m^3/min.

Die Papiermaschine wird rein elektrisch nach den Plänen der AEG angetrieben. Der Antrieb besteht aus einer größeren Anzahl von Einzelmotoren. Der regelbare Teil gliedert sich wieder in Gruppen, die durch besondere Gruppenmotoren angetrieben werden. Die Gruppenmotoren sind gemeinsam von einem Hauptsteuersatz abhängig, der den Geschwindigkeitsbereich der Maschine von 70 bis 350 m/min beherrscht. Jeder Motor steht unter dem Einfluß eines Synchron-Hilfsmotors, der mit ihm durch Kegelriemenantrieb so gekuppelt ist, daß 10 vH Zugregelung erreichbar sind. Die Synchron-Hilfsmotoren haben dabei untereinander stets die gleiche Umlaufzahl. Bei den hohen Arbeitsgeschwindigkeiten war dieser Antrieb erforderlich; aus Festigkeitsgründen konnte ein Riemenscheibenantrieb nicht gewählt werden.

Rundsieb-Kartonmaschinen. Eine neuzeitliche Anlage zur Herstellung von Lederpappe besteht bei der Firma Rheinische Pappenfabrik, A.-G., Monheim (Rheinland).

Die Holzschleifereieinrichtung mit Stetigschleifern lieferte die Firma J. M. Voith, während die übrige Fabrikationseinrichtung nebst Rundsieb-Kartonmaschine von der Firma F. H. Banning & Seybold, Maschinenbaugesellschaft m. b. H., & Co., Düren (Rheinland) geliefert wurde. Diese ist die erste Rundsiebmaschine, die 3000 mm Arbeitsbreite aufweist. Die Rundsieb-Kartonmaschine für hohe Leistungen ist aus der Handpappen-Rundsiebmaschine entstanden. Die Handpappenmaschine hatte einen Zylinder, von dem die Faserbahn mittels eines Filzes abgenommen wurde. Im Filz lag eine Wickelpresse, auf deren oberer Walze die Bahn zur gewünschten Kartondicke aufgewickelt wurde. War die gewünschte Dicke erreicht, so wurden die Bogen mit der Hand durchschnitten und abgenommen und auf dem weiteren Verarbeitungswege getrocknet und geglättet.

Der erste Schritt zur Großmaschine war der, daß man mehrere Zylinder hintereinander stellte, von jedem Zylinder eine Bahn abnahm und diese Bahn an dem Abnahmetuch zu einer entsprechend dicken Kartonbahn vereinigte. Die Maschinen dieser Bauart waren nach zwei Richtungen hin in ihrer Leistungsfähigkeit begrenzt. Sollten sie gute Erzeugnisse liefern, so war es nicht möglich, mit derartigen Maschinen eine Geschwindigkeit von 30 m/min praktisch zu überschreiten. Die Aufnahme auf

[2]) Z. Bd. 69 (1924) S. 757.

Abb. 2
Rundsiebteil einer Pappenmaschine

Abb. 3
Saugwalze der Pappenmaschine

Abb. 6
Filzlose Einführpresse für den Trockenteil der Kartonmaschine

den Rundsieben ging bei höheren Geschwindigkeiten nicht mehr gleichmäßig genug vor sich, und zwischen den einzelnen Faserstoffbahnen wurde Luft mitgerissen, die nachträglich nur sehr schwer zu entfernen war. In der Breite stellten sich ebenfalls Grenzen ein, da es schwer war, eine gleichmäßige Stoffverteilung zu bewerkstelligen. In Amerika erhöhte man die Kartongeschwindigkeit auf Kosten der Güte. In Deutschland sind aber die Güteansprüche bedeutend höher. Um nun auch in Deutschland mit einzelnen Maschinen hohe Leistungen zu erzielen, hat man den Weg beschritten, die Maschinen unter Beibehaltung einer mäßigen Arbeitsgeschwindigkeit zu verbreitern. Die Schwierigkeiten, die einer gleichmäßigen Stoffverteilung entgegenstanden, konnten durch verhältnismäßig einfache Einrichtungen behoben werden. Die Abführung der verhältnismäßig großen Wassermengen ohne Wirbelbildung aus dem Innern des Rundsiebzylinders ließ sich ermöglichen. Die Rundsiebzylinder konnte man so steif bauen, daß ein sicheres Rundlaufen erreicht wurde und heute keine Schwierigkeit besteht, noch größere Breiten als 3 m aufzustellen. Die Maschinen arbeiten mit einer Reihe von Rundsieben (bis zu acht), Abb. 2. Hinter den Rundsieben folgen Saugwalzen neuer Bauart, Abb. 3 bis 5. Sie sind am Umfang mit parallel zur Achse gerichteten Zellen besetzt (Saugzellenwalzen). Diese Zellen sind an der einen Stirnseite offen, gleiten dort an einem Saugkopf vorbei und werden nach dieser Seite hin entleert. Die Walzen haben den Vorteil, daß bei geringstem Filzverschleiß und bei geringer Pumpenleistung eine starke Saugwirkung gesichert ist. Die Kartonbahn gelangt hinter den Saugwalzen in eine Vorpreßeinrichtung, die infolge der starken Saugwirkung der Walzen nur noch sehr klein bemessen zu werden braucht. Dann folgen die Gautschpressen und drei Naßpressen. Ein Vorwärmen des Kartons im Pressenteil hat sich gut bewährt. Der Karton läßt sich nach dem Vorwärmen besser auspressen, so daß er mit hohem Trockengehalt in den Trockenteil gelangt. Die filzlose Einführpresse, Abb. 6, für den Trockenteil hat sich ebenfalls gut bewährt, da sie die Filzmusterung verschwinden läßt. Im Trockenteil selbst sind keine wesentlichen Neuerungen vorgenommen worden. Man kann hier einseitige oder beiderseitige Glätte erzielen. Nach dem Trockenteil folgt die Aufrollvorrichtung und weiterhin der Querschneider, wo die Bahnen auf die gewünschte Breite geschnitten werden. Der Querschneider ist mit umlaufendem Messer ausgerüstet, das bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit die genügende Schnittzahl gewährleistet.

[B 2553]

Schnitt A-B

Abb. 4 und 5. Saugwalze
a Saugbreite *b* Oberfilz *c* Kartonbahn *d* Unterfilz

RUNDSCHAU

Wiegevorrichtungen

Die Mehrhebel-Neigungswage

Man verwendete bisher für eine selbsttätige Wägung entweder die aus dem Post- und Eisenbahnbetrieb bekannte Federwage nach Abb. 1, deren Genauigkeit jedoch den heute gestellten Ansprüchen nicht mehr genügt, oder die mittels Meßdose anzeigende hydraulische Kranwage, Abb. 2, deren Meßbereich gering ist.

Beide Konstruktionen benutzen zur Messung der Schwerkraft einen unmittelbaren Kräftevergleich, während man sich bei der selbsttätig aufzeichnenden Rollbahnwage, Abb. 3, des Momentenvergleichs bedient und die allgemeinste Form des Hebelgesetzes, Abb. 4,

$$P\, a \cos \alpha = Q\, b \cos \alpha \quad . . . . (1),$$

die für jede beliebige Lage eines hin- und herschwingenden geradlinigen, eigengewichtslosen Hebels gilt, benutzt. Da $\cos \alpha$ aus dieser Gleichung herausfällt, so bleibt nur übrig, entweder durch Veränderung des Vergleichgewichts P (bei gleichbleibendem Hebelarm a der Gegengewichtswage) als auch durch Veränderung des Hebelarms a (bei gleichbleibendem Vergleichsgewicht P der Laufgewichtswage) die unbekannte Last Q zu ermitteln.

Zur Veränderung des Momentenarms oder des Vergleichgewichts ist eine von außen wirkende Kraft notwendig, die bei der Rollbahnwage nach Abb. 3[1]) zur Verschiebung des Laufgewichtes l dient, wodurch das Restgewicht selbsttätig ausgewogen wird. Das Gewicht kann somit selbsttätig nur zwischen einem Mindest- und einem Höchstgewicht ermittelt werden.

Die in Abb. 5 dargestellte Neigungswage wiegt vollkommen selbsttätig, weil das unveränderliche Vergleich- oder Neigungsgewicht P aus der wagerechten Lage der Abb. 4 um 90° in die Senkrechte verlegt ist. Hierdurch ist erreicht, daß für jede von null anfangende Last Q eine von der senkrechten Pendelstellung abweichende Gleichgewichtslage des Neigungspendels eingenommen wird, deren Winkel zur Senkrechten zur Messung der Last Q benutzt ist. Die Gleichung (1) nimmt dabei die Form an

$$P\, a \sin \alpha = Q\, b \cos \alpha \quad . . . . (2).$$

Die zu messende Last wird jetzt dargestellt durch die Formel

$$Q = \frac{P\, a}{b} \operatorname{tg} \alpha \quad . . . . (3),$$

in der $\operatorname{tg} \alpha$ das Maß für die Änderung der Last Q ist, da alle andern Glieder unveränderlich sind.

Bisher war das Anwendungsgebiet dieser selbsttätigen Neigungswagen praktisch auf kleine Meßbereiche bis zu 2000 g beschränkt, die bei der jetzt so außerordentlich häufig benutzten Ladentischwage nicht überschritten werden konnten, weil der Ausschlagwinkel auf höchstens 60° und auch die Zeigerlänge aus konstruktiven Gründen begrenzt wird. Mit Zwischengliedern wie Zahnstange und Zahntrieb läßt sich zwar der Ausschlag des Neigungspendels auf ein Zifferblatt mit rundum laufendem Zeiger übertragen; es ergeben sich dann aber Schwierigkeiten bei kleineren Lasten, da die bei ihnen übrig bleibende Kraft im Verhältnis zu den inneren Widerständen der Übertragungsteile zu klein wird, um die Richtigkeit der Wägung innerhalb kleiner Meßbereiche zu gewährleisten.

[1]) In der schematischen Skizze sind die Teile zum Wiederanheben des Fallgewichtes fortgelassen.

Abb. 1. Federwage

Abb. 2 Kranwage mit Meßdose

Die jetzt auf den Markt gebrachte „Dewaage"[2]) vermeidet diese Schwierigkeiten dadurch, daß der bisher benutzte Kreisbogen von fast 360°, der eine eichamtlich vorgeschriebene Mindestlänge von 1666 mm haben muß, auf mehrere Skalenbogen aufgeteilt ist. Demzufolge ist nicht mehr ein Neigungspendel wirksam, sondern, z. B. wie in Abb. 6, vier Hebel; auf jeden wirkt ständig nur eine Komponente des Lasthebels, und zwar so, daß eine Änderung der Gleichgewichtslage der Neigungshebel dort hervorgerufen wird, wo das Lastmoment das Vergleichsmoment übersteigt.

Da die vier Neigungsgewichte P_1, P_2, P_3 uud P_4 in Abb. 6 verschieden groß sind, wird zunächst bei kleinen Lasten, z. B. unter 250 kg, das Gewicht P_1 angehoben, darüber hinaus berührt der Hebel a_1 den festen Anschlag e_1; die erste Lastkomponente wird damit unwirksam, und man hat jetzt in der zweiten Skala abzulesen. Der Vorgang kann sich so oft wiederholen, wie Skalenbogen und Zeiger vorhanden sind.

Durch diese Aufteilung der Wiegefähigkeit wurden die bisher nicht erreichbaren großen Meßbereiche dem öffentlichen Verkehr überhaupt erst zugänglich gemacht, weil man jetzt in der Lage ist, die Skalenbogen wie in Abb. 6 zweckmäßig aufzuteilen und in den ersten Skalenbogen die Teilstriche in solcher Entfernung vorzusehen, daß auch die selbsttätige Neigungswage die Genauigkeits- und Empfindlichkeitsansprüche befriedigt, die an die Balkenwagen mit wagerechter Schneidenlinie gestellt werden.

[2]) Hergestellt von der Firma Erich Dinse Waagenfabrik, Berlin-Niederschönhausen.

a Zugstange *b* Balken *f* Fallgewicht *g* Sperre (greift in *z* ein, wenn Gleichgewicht) *l* Laufgewicht *s* Sperrklinke *z* Zahnrad (greift in *l* und *f* ein) *P* Mindestgewicht *Q* Last

Abb. 3 Selbsttätige Rollbahnwage nach Schenck

Abb. 4 Allgemeinste Form des Hebelgesetzes

Abb. 5 Grundsätzliche Darstellung des Neigungshebels

Abb. 6
Grundsätzliche Darstellung der Mehrhebel-Neigungswage mit Stahlbandübertragung
a_1, a_2, a_3, a_4 Hebel z_1, z_2, z_3, z_4 Zeiger e_1, e_2, e_3, e_4 Anschläge k Wälzkurven P_1, P_2, P_3, P_4 Gewichte Q Last

Abb. 7
Darstellung einer Neigungswage mit Ausgleich einer Vorbelastung, die durch das Eigengewicht der Wage entsteht.

Abb. 8
Übertragung der Last durch Stahlband a und Wälzkurve k

Abb. 9
Darstellung eines Neigungshebels mit Vorbelastung und Stahlbandübertragung der Last

Hierzu waren einige Vorbedingungen zu erfüllen. Da die Lastübertragungsorgane nicht gewichtlos sind, mußte bei der Mehrhebel-Neigungswage für den Ausgleich der sogenannten Taralast das Neigungsgewicht P in die zwei Komponentengewichte P_1 und P_2 zerlegt werden, Abb. 7. Die Gleichung für den Ausgleich der Taralast T lautet dann

$$T\,b\,\cos\alpha = P_2\,a_2\cos\alpha \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

während die Nutzlast Q aus (3) ermittelt wird zu

$$Q = \frac{P_1\,a_1}{b}\operatorname{tg}\alpha.$$

Die mit der Tangente des Ausschlagwinkels ungleichmäßig werdende Einteilung der Ableseskala muß nun so lange in den Kauf genommen werden, als man feste Lastschneiden verwendet und nicht, wie im Ausland schon lange, die Übertragung der zu messenden Last Q durch Stahlband s und Wälzkurve k, Abb. 8, vornahm. Das Verhältnis der Hebelarme von Lastmoment und Vergleichsmoment ändert sich bei Verwendung von Wälzhebeln verhältnisgleich der Last; die Skaleneinteilung wird gleichmäßig.

Abb. 10
Mehrhebel-Neigungswage „Dewaage", das Gehäuse ist abgenommen.

Der jetzt veränderlich gewordene Hebelarm des Lastmoments würde sich durch Abänderung der Gleichung (2) zu

$$x_1 = \frac{P_1\,a_1\sin\alpha}{Q} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

ergeben, wenn sich bei der Verwendung von Stahlband und Wälzkurve nicht nur, wie beabsichtigt, das Moment des zu messenden Lastzuges Q, sondern auch als unvermeidliche, aber sehr unerwünschte Zugabe das Moment des Tarazuges T ändern würde, der nun nicht mehr wie in Abb. 7 durch ein Komponentengewicht P_2 in jeder Stellung ausgeglichen werden kann.

Um die Größe dieser Veränderung zu bestimmen, geht man von einer Gleichgewichtslage aus, die in der Abb. 9 durch den Ausschlagwinkel α_1 dargestellt ist und in der die Einwirkung des Tarazuges ausgeglichen ist; es ist dann $T\,x_1 = P_2\,a_2$. Nach Aufbringung einer beliebigen unbekannten Last Q_n stellt sich heraus, daß das Taramoment nicht mehr durch den Wert $T\,x_n$ ausgeglichen ist, sondern daß dieses nach Abb. 9 den Wert $T\,x_1\cos(\alpha_n - \alpha_1)$ haben müßte, um die Gleichgewichtslage bei gleichmäßiger Teilung zu erreichen und mit dem Moment $P_2\,a_2\cos(\alpha_n - \alpha_1)$ in Gleichgewicht zu sein.

Die Momentengleichung würde dann lauten:

$$P_2\,a_2\cos(\alpha_n - \alpha_1)] + P_1\,a_1\sin\alpha_n = Q_n\,x_n + [T\,x_1\cos(\alpha_n - \alpha_1)].$$

Das letzte Glied dieser Gleichung erreicht in Wirklichkeit nicht diesen Wert, sondern hat die Größe $T\,x_n$. Der in dieser Annahme enthaltene Fehler muß ausgeglichen werden.

Dieser Ausgleich erfolgt durch Hinzufügung des Momentenunterschiedes $T\,x_1\cos(\alpha_n - \alpha_1) - T\,x_n$ zu Gl. (5).

Die sich nun ergebende Gleichung

$$P_1\,a_1\sin\alpha_n = Q_n\,x_n + T\left[x_1\cos(\alpha_n - \alpha_1) - x_n\right] \quad . \quad (6)$$

gilt für jede beliebige Gleichgewichtslage, wenn Wälzhebel zur Verwendung kommen. Aus ihr ergibt sich der Wert x_n durch Vergleich mit der Gleichung (5) der Anfangsstellung: $P_1\,a_1\sin\alpha_1 = Q_1\,x_1$ zu

$$x_n = \frac{x_1\,Q_1\,\dfrac{\sin\alpha_n}{\sin\alpha_1} + T\,x_1\cos(\alpha_n - \alpha_1)}{Q_n + T} \quad . \; . \; . \; . \quad (7).$$

Die nach vorstehender Formel bestimmten Wälzkurven müssen bei der Mehrhebel-Neigungswage für jeden Neigungshebel verschiedene Krümmung haben, da die jeweilige Tarast durch den vorangegangenen Meßbereich eine Änderung erfährt. Diese Abweichung wird durch entsprechende Einstellung des Lastarms berücksichtigt, so daß sämtliche vier Neigungshebel gleich ausgeführt werden und nur verschieden schwere Neigungsgewichte tragen.

Die vier Komponentenzüge der Last Q in Abb. 6 werden ebenfalls durch Wälzhebel und Stahlbänder übertragen, um Lastkomponenten zu erhalten, die von der Lage der um 50° ausschwingenden Neigungshebel unabhängig sind.

Die Wage ist in Abb. 10 dargestellt. [M 131]

Berlin Dipl.-Ing. Peuker

Brennstoffe

Kraftbedarf von Kohlenstaubmühlen

Im Auftrage der Direktion der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. (Bewag) und des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates wurden im Winter 1926 von P. Rosin und E. Schulz im Kraftwerk Moabit Versuche an Kohlenstaubmühlen durchgeführt, die den Zusammenhang zwischen Arbeitsbedarf, Belastung, Mahlbarkeit und Mahlfeinheit bei der Vermahlung von Steinkohlen klären sollten[1]). Die Versuche lieferten im wesentlichen die gleichen Ergebnisse wie frühere Versuche an Kohlenstaubmühlen für Braunkohlen[2]). Der Schluß scheint also gerechtfertigt, daß jede Vermahlung, ganz unabhängig von der Kohlenart, bestimmten Gesetzen unterworfen ist[3]), und daß die für zwei ganz verschiedenartige Brennstoffe gewonnenen gleichen Ergebnisse allgemeine Gültigkeit haben.

Die Kohlenstaubaufbereitanlage des Kraftwerks Moabit[4]) besteht aus zwei unmittelbar befeuerten Drehtrommel-Trocknern und einem Dampftrockner, vier Maxecon-Mühlen von je 1,5 t/h und einer Maximal-Mühle von 5 t/h Leistung, zwei neuen Elektrofiltern für die Trockner und einem älteren Elektrofilter für die Mühlen, Schnecken usw., sowie endlich den Vorrat- und Förderanlagen für die Rohkohle und den Kohlenstaub. Für die Versuche wurde ausschließlich eine der Maxecon-Mühlen benutzt.

Mit Bezug auf den Leerlauf-Kraftbedarf wurden bei den vier Maxecon-Mühlen von gleicher Bauart und Größe sehr große Unterschiede festgestellt, die vor allem durch die Zahl der Benutzungsstunden verursacht wurden. Die nach den eigentlichen Versuchen fortgesetzten Messungen ergaben, daß sich schon nach einem Jahr der Kraftbedarf um rd. 30 vH erhöht hatte. Der Leerlaufkraftbedarf von Mahlanlagen hängt demnach sehr stark von der Betriebzeit und Abnutzung ab. Er betrug für die Versuchsmühle im Mittel 7,6 kW.

[1]) Vergl. „Archiv für Wärmewirtschaft", Bd. 8 (1927) S. 69 und 109.
[2]) Vergl. Rosin und Rammler, „Archiv für Wärmewirtschaft" Bd. 7 (1926) S. 54 und 81.
[3]) Vergl. Rosin und Rammler, Z. Bd. 71 (1927) S. 1.
[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 952, „Archiv für Wärmewirtschaft" Bd. 6 (1924) S. 57, Bd. 7 (1926) S. 121.

Abb. 11
Arbeitsbedarf bei verschiedenem Wassergehalt in Abhängigkeit von der Leistung

A_L Leerlaufarbeit A_N Zusatzarbeit
A_{ges} Gesamtarbeit L_{eff} Leistung

Den Einfluß der Feuchtigkeit auf Kraftbedarf und Leistung der untersuchten Mühle zeigt Abb. 11; alle Zahlen sind auf einen Rückstand von 15 vH auf Sieb 4900 umgerechnet. Der allgemeine Verlauf der Abhängigkeit ist für alle Mühlen gleich, und man kann daraus den Schluß ziehen, daß auch für Steinkohlenstaub weitgehende Trocknung und hohe Mühlenbelastung vorteilhaft sind. Die Leerlaufarbeit A_L nimmt mit zunehmender Belastung stark ab, während die Zusatzarbeit A_N bei allen Belastungen gleich bleibt und nur vom Wassergehalt abhängt. Die Gesamtarbeit, d. h. die Summe der beiden Größen, wird durch Hyperbeln dargestellt. Trägt man auf diesen die Nutzarbeit L_{eff} für jeden Wassergehalt auf, so erhält man eine Linie der günstigsten Vermahlung, die das Gebiet der erreichbaren Belastung nach oben abgrenzt. Daraus ergibt sich, daß hohe Mühlenleistungen nur bei geringem Wassergehalt erreicht werden können. Die untersuchte Maxecon-Mühle, deren Leistung bei Vollast 1,5 t/h beträgt, kann z. B. diese Leistung nur hergeben, wenn der Brennstoff höchstens 1,5 vH Wasser enthält.

Da mit zunehmendem Wassergehalt die Leistung wesentlich abnimmt, während gleichzeitig der Kraftbedarf zunimmt, so ist fast stets schärfste Trocknung wirtschaftlich, zumal die Leistung bei geringem Wassergehalt viel stärker als bei hohem Wassergehalt zunimmt. So beträgt die Zunahme der Leistung bei Abnahme des Wassergehaltes von 2 auf 1 vH fast ebensoviel wie bei Abnahme des Wassergehalts von 6 auf 2 vH. Das notwendige Anlagekapital ist aber bei weitgetriebener Trocknung viel geringer als beim Vermahlen feuchter Kohle. Nur dann ist die Entscheidung zweifelhaft, wenn es sich um Kohlen handelt, die auch ungetrocknet vermahlen werden können. Man muß dann prüfen, ob sich Verzinsung und Abschreibung der Trockenanlage oder die Ersparnisse durch scharfe Trocknung vorteilhafter stellen.

Abb. 12
Arbeitsbedarf und Leistung in Abhängigkeit von der Feinheit

A_L Leerlaufarbeit A_N Zusatzarbeit
A_{ges} Gesamtarbeit L_{eff} Leistung

Der Einfluß der Feinheit auf Leistung und Kraftbedarf der Mühle ist in Abb. 12 dargestellt. Die Mahlleistung nimmt mit zunehmender Feinheit sehr stark ab, während Leerlaufarbeit A_L und Gesamtarbeit A_{ges} annähernd linear zunehmen, und die Zusatzarbeit A_N gleich bleibt. Während also die Versuche gezeigt haben, daß die Trocknung in jedem Falle wirtschaftlich ist, sofern überhaupt getrocknet wird, ist umgekehrt sehr große Feinheit nicht

Abb. 13
Arbeitsbedarf A_{ges}, Mühlenleistung L_{eff} und Rückstand bei verschiedenen Wirkungsgraden des Windsichters.

nur unnötig, sondern auch unwirtschaftlich; man soll daher trachten, mit dem gröbsten Korn auszukommen, das die Feuerung noch zuläßt.

Die Ergebnisse der Versuche über den Einfluß der Feinheit, Abb. 12, lassen sich nicht verallgemeinern; dagegen lassen sie den auch durch die weiteren Versuche bestätigten Schluß zu, daß die eigentliche Ursache für die Erhöhung der Mahlarbeit und die Verringerung der Leistung nicht die Vermahlung, sondern die Sichtung sei. Alle bisher bekannten Windsichter scheiden von dem ihnen zugeführten fertigen Staub s_1 nur einen gewissen Teil s_2 aus, während der Rest $s_1 - s_2$ wieder in die Mühle zurückgeht und die Menge der frisch zuführbaren Kohle vermindert, Kraft für unnötige Feinermahlung verbraucht und den Mühlengang stört. Das Verhältnis $\eta = \frac{s_1 - s_2}{s_1}$ kann man als Wirkungsgrad des Windsichters bezeichnen. Je geringer dies ist, desto geringer wird die Leistung und desto höher die Mahlarbeit der Mühle.

Die Versuchsergebnisse bestätigten diese Erwägungen. Abb. 13 läßt erkennen, wie groß der Einfluß des Windsichters auf die Wirtschaftlichkeit der Vermahlung ist. Wenn auch die Zahlen wegen der wechselnden Bauart der gebräuchlichen Windsichter nicht verallgemeinert werden dürfen, so steht doch fest, daß alle Windsichter noch mit schlechtem Wirkungsgrad arbeiten und Verbesserungen an diesem Teil der Mahlanlage noch großen Erfolg versprechen.

Berlin [N 301] E. Praetorius

Gaserzeugung

Selbsttätige Stochvorrichtung für Gaserzeuger mit rundem Querschnitt

Zur Beseitigung der Schlacken von stark schlackenden Kohlen in Drehrost-Gaserzeugern wurde ein mechanischer Stochapparat[1]) im Juli 1926 bei der Firma Glaswerke Schott & Gen., Jena, eingebaut. In dem Gaserzeuger werden mitteldeutsche Braunkohlen-Preßlinge vergast. Um eine nicht zu starke Verschlackung im Generator herbeizuführen, wurden die Gaserzeuger von 2,6 m lichtem Dmr. nicht mit über 14 bis 16 t Durchsatzleistung in 24 h bei 100 mm W.-S. Winddruck beansprucht. Nach der Einführung des Stochgerätes verarbeitete der Gaserzeuger bei gleichem Winddruck 20 bis 22 t in 24 h. Der Gaserzeuger bleibt jetzt vollkommen schlackenfrei, die Flächenbeanspruchung ist gleichmäßig, während bei einem handgestochten Gaserzeuger der mittlere Teil stärker belastet werden muß, da die Schlacke vom äußeren Umfang nach innen zu wächst. Zur Zeit werden sechs weitere Gaserzeuger mit dieser Stochvorrichtung ausgerüstet. Die

[1]) Die Stochvorrichtung wird vertrieben von den Firmen Barth & Helweg, Düsseldorf-Oberkassel, Friedrich Siemens A.-G., Berlin, und Stieberitz & Müller, Apolda.

Abb. 14 und 15
Selbsttätige Stochvorrichtung für Gaserzeugung
a Umlaufender Ring *b* Halbkugelige Lagerung
c Stochstangen *d* Verstellvorrichtung *e* Querbalken
f Spindeln zur Auf- und Abwärtsbewegung des Querbalkens
g Elektromotor *h* Anschlag zur Begrenzung des Hubes *i* Klinke zur Vorwärtsbewegung der Stochvorrichtung

Anzahl der Bedienungsleute, die augenblicklich fünf Mann in einer Schicht beträgt, wird auf zwei Mann heruntergesetzt.

Die Gasanalyse bei dem handgestochten Gaserzeuger ergibt im Durchschnitt:

CO_2	O_2	CmHn	CO	CH_4	H_2	H_u kcal/m³	H_o kcal/m³	H_o[2])
3,6	0,0	0,4	30,0	0,5	14,2	1390	1474	1501

Bei dem Gaserzeuger mit Stochvorrichtung trat trotz wesentlich höherem Durchsatz keine Änderung der Gasanalyse ein.

CO_2	O_2	CmHn	CO	CH_4	H_2	H_u kcal/m³	H_o kcal/m³	H_o[2])
3,4	0,0	0,4	30,2	0,5	15,0	1416	1504	1506

Damit bleiben auch die Höchstwerte die gleichen.

Die Stochvorrichtung, Abb. 14 und 15, ist auf dem umlaufenden Ring *a* aufgebaut. Der maschinelle Teil ist auf einer Halbkugel *b*, die in einer Kugelfläche von *a* gelagert ist, befestigt. Hierdurch kann sich die Stochstange *c* durch die Verstellvorrichtung *d* in eine beliebige Schräglage zur senkrechten Gaserzeuger-Mittelachse stellen. Alle Punkte des Gaserzeugers können bestocht werden. Die Stochstange *c* trägt am oberen Ende einen Querbalken *e*, der sich auf den beiden Spindeln *f* auf- und abwärts bewegt. Die Vorrichtung wird durch den Motor *g* angetrieben, der durch ein Schneckenvorgelege mit der Spindel *f* verbunden ist.

Den Hub hat man durch einen Anschlag *h* begrenzt, der einen elektrischen Schalter betätigt. Beim Abwärtsgang der Stange *c* spannt sich eine Kette, die in der Endstellung den Schalter bei *h* betätigt. Mittels der Klinke *i*, die von dem Querbalken beim Hochgehen der Stochstange kurz vor Erreichen der oberen Endstellung betätigt wird, bewegt sich die Stochvorrichtung vorwärts. Für den Rückwärtsgang wird die Klinke nach der entgegengesetzten Seite eingeklinkt. [M 91]

Jena Rudolf Möller

[2]) Durch Verbrennung am Kalorimeter bestimmt.

Werkstoffe

Die Abscheidung von elementarem :ohlenstoff im grauen Gußeisen und im Temperguß

Das Gefüge des grauen Gußeisens weist im allge- ıeinen die gleichen Bestandteile auf wie Stahl, Perlit und ach sehr langsamer Abkühlung auch Ferrit; es besteht ur der Unterschied, daß die metallische Grundmasse von ementarem Kohlenstoff in Form feiner Blättchen, dem raphit, durchsetzt ist. Der Graphitgehalt beträgt in ge- ·öhnlichen Gußeisensorten rd. 3 vH und nur selten weniger ls 2 vH. Da 3 vH Gewichtsteile 10,7 vH Volumenteilen raphit gleichkommen, ist es für die Erreichung guter 'estigkeitseigenschaften des Gußeisens wichtig, daß der raphit in einer Form ausgeschieden wird, in der er den usammenhang der metallischen Gefügebestandteile mög- chst wenig stört.

Wenn auch noch namhafte ausländische Forscher die lie Auffassung vertreten, daß sich Graphit ausschließlich rst nach beendigter Erstarrung sekundär durch den Zer- ıll des primär ausgeschiedenen Eisenkarbids bildet, so teht es heute einwandfrei fest, daß der Graphit sich un- ıittelbar aus der Schmelze ausscheidet. Erst auf Grund ieser Erkenntnis ist man in der Lage, sich ein lückenloses ·ild von dem Vorgang der Graphitbildung sowie von dem :influß der verschiedenen Entstehungsbedingungen auf die 'orm und die Verteilung des Graphits im technischen Guß- isen zu machen.

Wie bei jedem andern Kristallisationsvorgang müssen ich auch bei der Ausscheidung des Graphits zuerst Kristall- erne bilden, die dann weiter anwachsen. Kernzahl und :ristallisationsgeschwindigkeit sind zwei Punkte, die für ie Menge und die Form des Graphits maßgebend sind. ıußerdem ist die gegenseitige Lage der Temperaturgebiete er größten Kristallisationsgeschwindigkeit und der größten :ernzahl für die Kristallisation des Graphits wesentlich.

Bilden sich in einem Gußeisen bei der Erstarrung des ·raphiteutektikums infolge günstiger chemischer Zusam- ıensetzung und günstiger Abkühlungsbedingungen in urzer Zeit sehr viele Kristallkerne, so können die Kerne n dem Gebiet der größten Kristallisationsgeschwindigkeit chnell anwachsen; Graphit scheidet sich reichlich in feiner 'erteilung aus. Die Graphitblättchen können um so stärker nwachsen, je mehr Kohlenstoff die Legierung enthält. ›ei verspäteter Bildung der Kerne, schneller Abkühlung nd geringem Kohlenstoffgehalt scheiden sich nur geringe ‹raphitmengen in der gleichen feinen Ausbildung aus. In iner vollständig unterkühlten, also weiß erstarrten Legie- ung ist infolge der geringen Beständigkeit des Eisen- arbids sowohl die Kernbildung als auch das weitere An- ·achsen noch möglich; durch Glühbehandlung kann noch ine beliebig starke Kohlenstoffausscheidung bewirkt wer- en. Kernzahl und Kristallisationsgeschwindigkeit, die in iesem Falle von der Zerfallgeschwindigkeit des Eisen- arbids abhängig sind, sind dabei nur sehr gering, so daß ur wenige Kerne mit geringer Geschwindigkeit wachsen; s entsteht Temperkohle.

Bleiben beim Umschmelzen von grauem Gußeisen noch :este von Graphit in der Schmelze zurück, so dienen diese bei der Erstarrung des Graphiteutektikums als Kristall- kerne. Da diese Kerne, deren Zahl verhältnismäßig gering ist, unmittelbar nach dem Erreichen der Erstarrungstem- peratur des Eutektikums, bevor sich in der Schmelze neue Kerne in größerer Zahl gebildet haben, anwachsen können, so geht die Kristallisation des Graphits im wesentlichen nur von den wenigen bereits vorhandenen Kernen aus. Die Folge davon ist die Bildung grober Graphitblättchen. Diese ungünstige Ausbildungsform des Graphits läßt sich am sichersten dadurch vermeiden, daß man durch Überhitzung des flüssigen Eisens die Graphitreste vollständig in Lösung bringt. Erhitzt man ein graues Gußeisen rd. 10 min auf 1200 ° oder auch auf 1300 ° und schreckt die Schmelze in Wasser ab, so sind im Gefüge noch beträchtliche Reste von Graphit vorhanden, während nach einem 10 min langen Er- hitzen auf 1500 ° und nachfolgendem Abschrecken der Graphit nahezu vollkommen verschwunden ist.

Der Einfluß der Ausbildung des Graphits auf die Festig- keitseigenschaften des Gußeisens wurde durch einige Ver- suche untersucht, Zahlentafel 1. Aus Gußeisen einer ein- zigen Schmelze wurden je zwei Biegestäbe von 30 mm Dmr. und 650 mm Länge in trockener Sandform, *a*, in einer auf rd. 500 ° erhitzten Form, *b*, und in Kokillen gegossen, *c*, Zahlentafel 1. Der Kokillenguß wurde während 6 h bei 800 bis 850 ° geglüht. In allen Fällen haben die in heißer Form gegossenen Proben mit gröberer Ausbildung des Gra- phits ungünstigere Festigkeitseigenschaften als der Sand- guß. Der Kokillenguß der Schmelzen Nr. 1, 2 und 5 zeigt vor und nach dem Glühen ein sehr fein verteiltes Graphit- eutektikum. Obschon nach dem Glühen die Grundmasse des Gefüges nur noch Ferrit aufweist, ist die Steigerung der Festigkeit gegenüber dem Sandguß ziemlich groß. Im ungeglühten Kokillenguß der Schmelzen Nr. 3 und 4 waren nur wenige punktförmige Kohlenstoffkerne vorhanden, die durch das Glühen zu Knötchen angewachsen sind. Diese Form der Kohlenstoffausscheidung hat außerordentlich gute Festigkeitseigenschaften zur Folge. Die Grundmasse der Probe Nr. 3c mit 74,5 kg/mm² Biegefestigkeit und 167,8 mm Durchbiegung besteht ausschließlich aus Ferrit, die der Probe Nr. 4 mit 91,6 kg/mm² Biegefestigkeit und 94 mm Durchbiegung zu rd. 60 vH aus Perlit und zu 40 vH aus Ferrit.

Der sicherste Weg, der zu einer feinen Verteilung des Graphits und damit zu guten Festigkeitseigenschaften führt, ist die Herabsetzung des Kohlenstoffgehalts bis mehr als 1 vH unter der eutektischen Konzentration (4,3 vH). Im Kuppelofen gelingt das unter reichlicher Aufgabe von Stahlschrott, wobei zwangläufig eine höhere Eisentempe- ratur erforderlich ist. Wegen der geringen Sättigung der Schmelze an Kohlenstoff wie auch wegen der höheren Tem- peratur lösen sich die Graphitreste leichter auf, womit sich die wichtigste Vorbedingung für das Auskristallisieren des Graphits in einer sehr fein verteilten Form ergibt.

Der Temperguß unterscheidet sich vom Grauguß im wesentlichen dadurch, daß sich der Kohlenstoff erst nach beendigter Erstarrung ausscheidet. Die Bildung der Kohlen- stoffkerne sowie ihr Anwachsen zu größeren Knötchen muß durch eine längere Glühbehandlung bewirkt werden. Die Dauer des Temperverfahrens ist von der Beständigkeit des Eisenkarbids abhängig. Die Kernbildung und der Zerfall des freien Zementits erfolgt am günstigsten bei etwa 900

ahlentafel 1. Einfluß der Ausbildung des Graphits auf die Festigkeitseigenschaften des grauen Gußeisens

a in Sand gegossen *b* in heiße Form gegossen *c* in Kokille gegossen (6 h bei 800 bis 850 ° geglüht)

Nr.	Werkstoff		Chemische Zusammensetzung C vH	Graphit vH	Si vH	Mn vH	P vH	S vH	Form des Graphits	Biegefestigkeit kg/mm²	Durchbiegung mm	Zugfestigkeit kg/mm²	Dehnung vH	Brinellhärte 10/3000
		a		2,63					grob	45,2	19,4	24,1	—	183
1	Elektroofenguß	*b*	3,36	3,00	1,98	0,95	0,025	0,016	sehr grob	30,3	10,1	18,9	—	136
		c		3,27					feines Eutektikum	52,0	22,0	23,8	0,8	134
		a		2,51					grob	42,5	16,8	25,2	—	180
2	Elektroofenguß	*b*	3,27	2,84	1,90	0,93	0,021	0,020	sehr grob	35,2	10,2	20,9	—	142
		c		3,13					feines Eutektikum	60,2	52,1	30,1	1,2	136
		a		2,07					grob	50,8	12,8	37,7	—	198
3	Elektroofenguß	*b*	2,79	2,31	1,85	0,86	0,027	0,028	sehr grob	45,0	8,4	33,1	—	174
		c		2,74					Knötchen	74,5	167,8	43,2	8,2	146
4	Elektroofenguß	.	2,70	2,30	1,55	0,99	0,038	0,023	Knötchen	91,6	94,0	40,0	3,0	190
		a		3,01					grob	27,7	10,1	16,5	—	160
5	Kuppelofenguß	*b*	3,69	3,31	1,63	0,68	0,60	0,061	sehr grob	26,0	7,2	13,9	—	133
		c		3,65					feines Eutektikum	54,4	16,4	19,2	—	146

bis 950 °. Der übereutektoide Zementit zerfällt während der Abkühlung. Der eutektoide Zementit muß entweder durch ganz langsames Durchlaufen des Temperaturgebietes der Perlitbildung oder durch längeres Glühen in der Nähe oder kurz unterhalb des Perlitpunktes zerstört werden. Mit zunehmenden Gehalten an Kohlenstoff, Silizium und in schwefelarmen Legierungen auch an Phosphor nimmt die Zerfallgeschwindigkeit des Zementits zu. Durch Schwefel wird dessen Beständigkeit sehr stark erhöht. Durch einen gleichzeitig anwesenden Phosphorgehalt kann die Wirkung des Schwefels verstärkt werden. Mit steigendem Mangangehalt nimmt ebenfalls die Beständigkeit des Zementits zu.

Die vorzüglichen Eigenschaften, die beim Temperguß erreicht werden können, weisen deutlich auf die Wichtigkeit der Form des ausgeschiedenen Kohlenstoffs hin. Das wichtigste Ziel der Arbeiten, die sich mit der Güteverbesserung des grauen Gußeisens befassen, ist, die Ausscheidung des Kohlenstoffs in einer Form anzustreben, die der Temperkohle möglichst nahekommt. [N 2745]

Düsseldorf P. Bardenheuer

Baumaschinen

Die Kisse-Wurfturbine

Bei den bisher bekanntgewordenen Verfahren zum Schleudern, Spritzen oder Werfen von mehr oder weniger flüssigem, zähflüssigem oder trockenem Gut wird dieses durch unmittelbaren Druck oder durch Druckluft gegen die zu bearbeitende Fläche gespritzt. In vielen Fällen liefert dieses Verfahren zufriedenstellende Ergebnisse, jedoch gibt es anderseits auch Fälle, in denen die bisherigen Verfahren vollkommen versagen oder nur ungenügende Ergebnisse liefern. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn ein Gut von verschieden großer Körnung, wie z. B. Beton, Mörtel, Sand usw. geschleudert oder gespritzt werden soll. Wird in einem solchen Falle Druckluft zum Herausschleudern des Gutes benutzt, so werden dessen einzelne Bestandteile ungleichförmig beschleunigt, wodurch das Gut entmischt wird, bevor es gegen die zu bearbeitende Fläche gelangt. Außer diesen Nachteilen haben die zur Durchführung solcher Verfahren erforderlichen Vorrichtungen große Abmessungen, brauchen hohen Aufwand an Kraft, sind sehr schwer zu handhaben und in der Beschaffung teuer.

Arbeitsweise der Kisse-Wurfturbine

Bei der Kisse-Wurfturbine, Abb. 16 und 17, wird das Spritzen mit Hilfe der Fliehkraft bewirkt. Die Maschine, Abb. 16 und 17, ist unmittelbar mit einem Motor (3 PS) gekuppelt. Die Förderschnecken *a* und *b* bringen die notwendige Menge Gut aus dem Fülltrichter in den Schleuderbecher. Das beweglich angebrachte Abstreifmesser ermöglicht, den mit großer Geschwindigkeit austretenden Stoff nach jeder Richtung in Form eines Strahles, dessen Streuwinkel beliebig gewählt werden kann, zu schleudern, Abb. 18.

Abb. 16 und **17.** Kisse-Wurfturbine
a, b Förderschnecken

Bei diesem Verfahren kann das Gut sich nicht entmischen, da die ganze Wirkung lediglich auf Fliehkraft beruht und zur Förderung des Gutes keinerlei Druckmittel benutzt werden.

Da der Strahl unmittelbar aus der Maschine selbst geschleudert wird, so sind keine kostspieligen Schlauchleitungen nötig; es treten daher auch keine Verstopfungen und sonstigen Störungen ein. Auch kann der Stoff trocken, feucht oder breiig sein und bis zu 2 cm Körnung haben. Für größeres Korn wird die Maschine in gleicher Bauart lediglich mit größeren Abmessungen ausgeführt. Die Regelmaschine, die für die meist vorkommenden Bedarfsfälle gebaut wird, wiegt einschließlich Motor etwa 150 kg. Sie kann von jedermann leicht angebracht, bedient und gereinigt werden.

Kraftbedarf und Leistung. Für 1 m³ geschleuderten Gutes werden rd. 0,6 bis 1,2 kWh, je nach Zähflüssigkeit und Körnung, gebraucht. Die Wurfgeschwindigkeit bewegt sich zwischen 5 bis 40 m/s je nach der Verwendungsart der Maschine. Eine Änderung der Geschwindigkeit läßt sich durch Anwendung eines kleineren oder größeren Schleudertrichters oder Änderung der Umlaufgeschwindigkeit erreichen. Bei mittlerer Wurfgeschwindigkeit (20 m/s) fördert die Maschine laut Messungen des Bayer. Revisionsvereines 0,75 bis 1 l/s.

Mit der Maschine kann jedes Gut, sei es nun trockener Sand, granulierte Kohle, Kalkmörtel, Beton oder Kunstdünger geschleudert werden.

Ergebnisse. Die Kisse-Wurfturbine arbeitet mit voller Ausnutzung des Gutes. Bei feinem Korn bis zu 5 mm Größe tritt ein Rückprall überhaupt nicht in die Erscheinung; erst bei größerer Körnung wird etwas Material von der zu überziehenden Fläche abprallen, das jedoch sofort wieder in die Maschine eingefüllt und verwendet werden kann. Ist erst ein dünner Überzug angespritzt, so prallt nur noch wenig ab. In einem Auftragvorgang kann ohne Eiseneinlagen oder Drahtgeflecht bis zu 6 cm Dicke aufgetragen werden. Ist mit Rohrmatten, Rabitzgewebe, Streckmetall

Abb. 18
Arbeiten mit der Kisse-Wurfturbine. Der Spritzwinkel wird durch Betätigen des Handgriffes eingestellt.

Abb. 19
Proben von Beton, der mit der Kisse-Wurfturbine gespritzt wurde.

ler Eisengeflecht abgesteift, so kann in einem Arbeitsvorıng eine Schicht von 10 cm Dicke und mehr aufgetragen erden, Abb. 19.

Druckfestigkeit, Dichte und großes Haftvermögen, ie Vorzüge des Spritzbetons, werden im Höchstmaß reicht, wenn man möglichst senkrecht zur Auftragfläche ritzt. Die Kisse-Wurfturbine erreicht dies stets, da sie weils lediglich durch einen Handgriff so eingestellt werden ınn, daß es möglich ist, ohne Veränderung der örtlichen age der Maschine senkrecht nach dem Boden, der Decke ler nach seitlichen Flächen zu spritzen.

Bei Betonarbeiten unter Tage, d. h. im Stollen, im Tunnel sw. wird die Maschine zweckmäßig fahrbar auf einen Hund ler ein ähnliches Gefährt aufgebaut und läßt sich so sehr ıgenehm und leicht bedienen. Ähnlich wird man auch in schlossenen Räumen bis zu 3 m Höhe die Maschine am sten auf einen leichten Handwagen setzen. Andernfalls ingt sie am Flaschenzug.

Ein weites Arbeitsfeld findet diese Schleudermaschine im och- und Tiefbau zur Herstellung jeder Art von Putz in alk- und Zementmörtel, Ummantelung von Holz- und Eisenonstruktionen, für Ausbesserungsarbeiten aller Art in Beton, ır Verstärkung vorhandener und zum Aufbau neuer Konruktionen. Ferner kann man sie benutzen im Wasserbau ır Herstellung von wasserdichtem Beton und Verkleidungen on Kanalböschungen, Brückenpfeilern, Druckstollen usw., a Monierbau, im Eisenbahnbau zum Unterstopfen der chwellen, zur Auskleidung von Tunneln als Schutz gegen Verwitterung des Gesteins, Sickerwasser und gegen die Einwirkung schädlicher Rauchgase, als Sandstrahlgebläse im gesamten Eisenbau zum Entrosten von Brücken, allen Eisenkonstruktionen und gegossenen Werkstücken. [M 2269]

München Regierungsbaumeister Seemüller

Berichtigungen

Die technologischen Eigenschaften von Aluminiumkristallen.

In dem Aufsatz von G. Sachs in Z. Nr. 17 vom 23. April 1927 muß in den Unterschriften zu Abb. 22 und 23 der Satz „Die Achsen der Kristalle liegen in der Würfelzone“ fortfallen. Auf S. 578, r. Sp. 9. Z., muß es heißen: Man kann die Achsenabschnitte immer so wählen, daß . . . [N 434]

Elektrizitätswirtschaft

Um etwaigen Zweifeln zu begegnen, sei folgendes festgestellt: Die in dem Bericht in Z. Bd. 71 Nr. 16 vom 16. April 1927 S. 529 genannten Anlagekosten für Akkumulatorenbatterien beziehen sich, entsprechend den im gleichen Bericht außerdem angeführten Anlagenkosten für Elektrizitätswerke und Speicheranlagen, auf die Gesamtanlage für Akkumulatorenspeicherung in Drehstromnetzen, also einschließlich Gebäude, Schaltanlage und doppelter Stromumformung, nicht auf die Batterie allein. Dasselbe trifft zu für den Wirkungsgrad. [N 425]

Kleine Mitteilungen

Wasserkraft-Speicheranlage an der Zschopau

Das städtische Elektrizitätswerk Mittweida läßt zur rgänzung seines Niederdruck-Wasserkraftwerkes an der schopau eine Kraftspeicheranlage errichten. Das künstche Speicherbecken von rd. 130 000 m³ Fassungsvermögen egt etwa 120 m über dem Kraftwerk. Die Rohrleitung on 2100 m Länge und 1200 mm l. W. besteht teils aus olz, teils aus Eisen. Mit dem nachts und an Sonn- und esttagen hochgepumpten überschüssigen Wasser lassen ch aus einer einmaligen Füllung des Speicherbeckens etwa) 000 kWh gewinnen. Vorläufig werden zwei Turbinen on rd. 2500 PS Leistung aufgestellt. Nach Verlegung der orgesehenen zweiten Rohrleitung läßt sich die für Spitzenelastung verfügbare Leistung vervielfachen. Mit dem Bau er nach den Richtlinien des Elektrizitätswerkes Mittweida ısgeführten Anlage ist zu Anfang des vergangenen Jahres egonnen worden; sie soll Ende 1927 in Betrieb kommen. [N 435 a] K. M.

Die Wasserversorgung Kapstadts

Der zweite Ausbau der Wasserversorgungsanlage in teenbras bei Kapstadt mit 29,2 Mill. m³ Speichervermögen ird augenblicklich ausgeführt. Mit seiner Fertigstellung ird die tägliche Wasserlieferung insgesamt 68 000 m³ beagen. Der erste Ausbau dieser Anlage wurde 1918 in ngriff genommen. Der Staudamm, der in den Hottentotolland-Bergen liegt, war zunächst 275 m lang und 19 m och und hatte 11,6 m Sohlenbreite. Das Stauvermögen ar auf 2,73 Mill. m³ berechnet, betrug aber tatsächlich 98 Mill. m³. Durch Erhöhung der Mauer um 0,61 m wurde as Stauvermögen sogar auf 3,56 Mill. m³ vergrößert. Von esem Damm führt eine etwa 65 km lange Leitung aus Gußsenrohren zu den Molteno-Staubehältern in Kapstadt. Jedes ohr hat 760 mm Innen-Durchmesser und wiegt rd. 2 t; das ewicht der ganzen Rohrbahn beträgt 33 802 t.

Der zweite Ausbau dieses Staudammes begann 1924; r Damm wurde auf 31 m erhöht, die Länge auf 395 m, e Sohlenbreite auf etwa 21 m vergrößert. Hierzu waren l. 43 000 m³ Beton nötig. Die Wasserfläche beträgt bei ,5 m Tiefe 3,34 Mill. m³. Die zweite Rohrleitung mit 55 km ınge wird dem Lauf der ersten größtenteils folgen. Die it Zement ausgemauerten Stahlrohre haben 840 mm Dmr. ıne die Zementfütterung und etwa 810 mm mit dieser. edes Rohr ist 8 m lang und wiegt etwa 3,25 t. Die gesamte veite Rohrleitung wird 22 122 t wiegen. Ein dritter Ausbau eser Anlage wird vor 1936 kaum in Frage kommen. („The ngineer“ 15. April 1927 S. 422) [N 435 b] Krs.

Großes Zahnrädergetriebe

Für den Antrieb eines Kolbenkompressors mittels einer ampfturbine hat die Firma David Brown & Sons, Huddersеld, ein zweistufiges Zahnrädergetriebe ausgeführt, das 250 PS überträgt. Das aus Chromnickelstahl gefertigte itzel läuft mit 4000 Uml./min, der Kompressor macht 120 Uml./min und die Zwischenwelle 518 Uml./min. Ritzel-, Zwischen- und Endwelle sind in gleicher Höhe nebeneinander angeordnet und in einem schweren Gehäuse gelagert, das Veränderungen im Achsabstand der Zahnräder verhindern soll. Zur Schmierung dient eine Kapselpumpe, die von der Zwischenwelle aus mittels einer Kette angetrieben wird. Das ganze Vorgelege wiegt etwa 55 t und ist rd. 4,5 m lang, 3,5 m breit und 3 m hoch. („Engineering“ 29. April 1927 S. 511/12*) [N 435 c] H.

Schweizerische elektrische Lokomotiven

Auf der Strecke Paris—Vierzon hat eine in der Schweiz gebaute elektrische Schnellzuglokomotive, Gattung $2\,A_1\,2$, eine mittlere Geschwindigkeit von 105 km/h erreicht. Mit 125 km/h soll sie sogar eine europäische Höchstleistung aufgestellt haben. Die Lokomotive ist für 130 km/h Höchstgeschwindigkeit gebaut und hat Einzelachsantrieb nach Brown, Boveri & Cie. Damit das Drehgestell bei Fahrten in der Geraden nicht schlingert, ist es mit dem Rahmen des Fahrgestelles durch federnde Zwischenstücke verbunden.

Vor kurzem hat die Schweizerische Bundesbahn selbst eine neue Schnellzuglokomotive, Gattung $2\,A_4\,1$, für die Beförderung schwerer Schnellzüge in Dienst gestellt. Es handelt sich um eine verstärkte $2\,A_4\,1$-Lokomotive, die deren Zugkraft um 33 vH übersteigt. Ihre Höchstgeschwindigkeit beträgt 100 km/h. Sie ist ebenfalls mit dem BBC-Antrieb ausgerüstet und hat versuchsweise das sogenannte „Java“-Drehgestell (nach einer für Java gelieferten Lokomotive benannt) erhalten. Dieses Drehgestell besteht in der Vereinigung einer Endtriebachse mit der daneben liegenden Laufachse und soll sich bei hohen Geschwindigkeiten, besonders auch in Strecken mit vielen und scharfen Krümmungen, bewährt haben.

Eine dritte Bauart ist schließlich die für die Great Indian Peninsula Railway gebaute Lokomotive, Gattung $2\,A_3\,1$, für 136 km/h. Diese ist mit einem neuen Einheitsantrieb „Winterthur“ ausgerüstet und hat ebenfalls das Java-Drehgestell erhalten. Der Winterthur-Antrieb stellt ebenfalls einen Einzelachsantrieb dar, der für Güter- wie auch für Schnellzüge geeignet ist. („Schweizerische Bauzeitung“ 26. März 1927 S. 174) [N 435 d] Krs.

Elektrische Lichtmaschine für Kraftwagen

Die Bosch-Magneto Co., New York, stellt als Neuerung für Kraftwagen einen Lichtstromerzeuger her, der so gleichförmige Spannung liefert, daß er ganz ohne Sammlerbatterie verwendet werden kann. Die vierpolige Nebenschlußdynamo trägt auf dem Anker zwei in Reihe geschaltete Wicklungen und arbeitet mit zwei unter 90 ° gestellten Bürsten. Sie erzeugt schon bei Leerlauf des Wagenmotors, d. h. bei 275 bis 300 Uml./min so hohe Spannung, daß die kleinen Seitenlampen des Wagens genügend leuchten, und erreicht ihre Höchstspannung bei 500 Uml./min der Maschine. Steigt die Drehzahl noch weiter, so wird der Strom

des Erregerstromkreises durch selbsttätiges Einschalten von Widerstandwicklungen geschwächt, die mit den Nebenschlußwicklungen in Reihe geschaltet sind. Außerdem wird die Spannung mittels des bekannten Schnellreglers selbsttätig begrenzt. Ein besonderes Merkmal des Stromerzeugers ist noch, daß die Maschine keinen Strom erzeugt, wenn der Lampenstromkreis unterbrochen wird. Sind alle Lampen außer Betrieb, so ist nämlich auch der Nebenschlußkreis unterbrochen. Dadurch wird die Abnutzung der Reglerkontakte vermindert. Die Maschine, die bis zu 50 W Dauerleistung abgeben kann, ist für kleine Lastkraftwagen und Schlepper bestimmt. („Automotive Industries" 9. April 1927 S. 542/43*) [N 435 e] H.

Abziehen von Schiffsschrauben mittels Drucköles

Zwischen Schraubennabe und Stevenrohr wird ein Ring von vier durch Schraubenpaare zusammengehaltenen geschmiedeten Stahlsegmenten auf die Schraubenwelle aufgesetzt. Jedes Segment hat drei bis vier Bohrungen für die mit U-Lederringen gedichteten Druckstempel. Eine Handpumpe liefert das Drucköl, das durch einen gemeinsamen Kanal, der von Segment zu Segment als biegsame Rohrschlange ausgebildet ist, sämtlichen Stempeln unter gleichem Druck von 300 bis 475 at zufließt. Der Ring stützt sich gegen das Stevenrohr, während die Stempel mit einem Gesamtdruck von 200 bis 300 t auf die Nabe wirken. Die Aufteilung in vier verschraubte Segmente und die nachgiebige Rohrverbindung ermöglichen eine Anpassung an verschiedene Wellendurchmesser. („Engineering" 22. April 1927 S. 485) [N 435 f] Ls.

Probefahrtgeschwindigkeiten von Kriegschiffen

Der Januar 1925 vom Stapel gelassene spanische Kreuzer „Principe Alfonso" erreichte auf einer vierstündigen Probefahrt im Mittel 34 Kn (Höchstgeschwindigkeit 34,7 Kn) bei 83 000 Wellen-PS. Dieser Kreuzer hat große Ähnlichkeit mit der englischen „E"-Klasse. Die Konstruktionszahlen betragen: Länge zwischen den Loten 175,26 m, Breite 16,46 m, Tiefgang 5,03 m, Konstruktionsverdrängung 7970 t, Geschwindigkeit 33 Kn bei 80 000 Wellen-PS. Der Kreuzer hat Parsons-Getriebeturbinen, acht Yarrowkessel mit Ölfeuerung, acht 15 cm-Kanonen, hiervon sechs in Doppeltürmen, vier 10 cm-Kanonen und zwölf Torpedorohre. Von den beiden Kreuzern derselben Klasse lief der „Almirante Cervera" im Oktober 1925 vom Stapel und der Bau von „Miguel de Cervantes" wurde 1926 begonnen. Überlegen ist anscheinend nur der amerikanische Kreuzer „Omaha" mit 167,65 m Länge, 16,84 m Breite, 4,1 m Tiefgang, 7100 t Verdrängung, der auf seiner Probefahrt Anfang 1923 bei 94 290 Wellen-PS 34,87 Kn erreicht haben soll.

Ferner hält der spanische Zerstörer „Churucca" den Weltrekord für Flottillenführer mit im Mittel 37,64 Kn bei 42 000 Wellen-PS (Höchstgeschwindigkeit 39,76 Kn, Verdrängung 1675 t, Parsons-Getriebeturbinen). („The Engineer" 22. April 1927 S. 429). [N 435 g] Ls.

Die Handelsluftfahrt in England 1926

Nach dem Bericht des Air Ministry wurden im Jahre 1926 von englischen Verkehrsflugzeugen in 4777 Flügen 1 360 000 km (1 380 000 km 1925) zurückgelegt, 16 775 Fluggäste (11 193) und 679 t Fracht (550 t) befördert. 85 vH der fahrplanmäßig angesetzten Flüge (74 vH) und 93 vH der begonnenen Flüge (91 vH) wurden durchgeführt. Zur Erhöhung der Sicherheit hat man mehrmotorige Flugzeuge in den Luftverkehr eingesetzt, um bei Betriebstörungen eines Motors noch den nächsten Flughafen erreichen zu können. Verwendet werden Flugzeuge der Firmen Armstrong-Whitworth (Baumuster Argosy mit drei Jaguar-Motoren) und De Havilland (Baumuster Hercules mit drei Jupiter-Motoren). Im Bau befinden sich zwei Ganzmetall-Großflugboote für 15 Fluggäste. Die beiden Luftschiffe R 100 und R 101 sollen bereits im nächsten Jahre Versuchsflüge durchführen. („Engineering" 29. April 1927 S. 520) [N 435 h] Gw.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Österreichs Energiewirtschaft. Von J. Ornig. Wien 1927, Julius Springer. 285 S. m. 21 Abb. Preis 36 ℳ.

Das umfangreiche Werk zerfällt in zwei Teile. Im ersten werden von namhaften Fachleuten der Werdegang der Energiewirtschaft in Österreich und ihre ferneren Aufgaben, die Energievorräte sowie ihre gegenwärtige und zukünftige Nutzung, die Grundlagen, die Entwicklung und der Stand der Wasserkraftnutzung und der elektrischen Fernübertragung behandelt. Ein weiterer Abschnitt beschäftigt sich mit den Energieverbrauchern, vor allem im Eisenbahnbetrieb, in der Eisen- und Hüttenindustrie sowie in der Papierindustrie. Den Abschluß des ersten Teiles bilden zwei Aufsätze über das österreichische Wasserrecht und die Elektrizitätsgesetzgebung.

Der zweite Teil enthält vor allem statistische Angaben. In vielen Zahlentafeln sind die Wasserkraftanlagen über 500 PS sowie die Wärmekraftwerke über 2000 PS mit den wichtigsten technischen und wirtschaftlichen Angaben zusammengestellt. Als Ergänzung dienen sogenannte Merkblätter, technisch-wirtschaftliche Beschreibungen der Anlagen, die für die Allgemeinversorgung in Frage kommen, ferner einige sehr übersichtliche Landkarten. Die Ausstattung des Buches entspricht dem wertvollen Inhalt. Pt.

Flüssige Brennstoffe. Von Hermann Jentzsch. Berlin 1926, VDI-Verlag. 231 S. m. 75 Abb. Preis 4,50 ℳ.

Der Verfasser gibt eine gedrängte Darstellung der bei der Verwendung flüssiger Brennstoffe in Motoren auftretenden Fragen; er behandelt nach einem kurzen historischen Überblick Vorkommen und Verarbeitung, Verfahren zur Prüfung, Wärmetechnik und Wärmechemie, Entzündungs- und Verbrennungsvorgänge, Prüfung im Laboratorium, auf dem Versuchstande und im Betriebe, sowie Sicherheitsvorschriften bei Zuführung und Lagerung.

Ausführliche Angaben bringt der Verfasser über den von ihm ausgearbeiteten Zündpunktprüfer, auf den näher einzugehen hier nicht der Raum sein dürfte. Man vermißt bisweilen die nötige Kritik an den mit diesem Apparat festgestellten Werten und ist überrascht, daß der Verfasser das Gerät auch für die Prüfung von Schmierölen und festen Brennstoffen verwenden will, obwohl man damit als Selbstzündungspunkte für Heißdampfzylinderöl 274 °C, für Benzol 490 °C erhält.

Störend ist für den Leser, daß neben dem Wort Temperatur häufiger das Wort Wärmegrad für den gleichen Begriff verwendet wird; hierbei könnte man dem Verfasser vielleicht noch eine verunglückte Verdeutschung zugute rechnen. Verwirrend wird aber die Darstellung, wenn Verfasser Temperatur durch Wärme oder Thermometer durch Wärmemesser ersetzt (S. 91). Auch die Berechnung der Leistung eines Motors aus der Verbrennungswärme des verbrauchten Brennstoffes durch Division mit dem Wärmeäquivalent von 1 PSh (S. 133) dürfte kaum Beifall finden. —

Sieht man von diesen und anderen Mängeln ab, so findet man in dem Buch manche brauchbare Anregung, die den Wert einer solchen zusammenfassenden Darstellung erkennen lassen. Es wäre deshalb zu wünschen, daß bald eine stark verbesserte Auflage des Buches erscheint.
[E 2695] Hilliger

Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes. Von H. Krey. 3. umgearb. u. erw. Aufl. Berlin 1926, Wilhelm Ernst & Sohn. 296 S. m. 208 Abb. Preis 23,40 ℳ.

Das in den Kreisen der Fachwelt, besonders der in der Praxis stehenden Bauingenieure geschätzte Buch ist in neuer, dritter, wesentlich erweiterter Auflage erschienen. In acht Hauptabschnitten werden u. a. die Grundbegriffe und Grundlagen der Erddruckrechnung, die praktischen Verfahren für die Berechnung des Erddruckes, die Widerstandfähigkeit des Baugrundes, die Tragkraft der Rammpfähle und Spundwände, der Einfluß der Haftfestigkeit, der Erddruck auf Gewölbe und in Dämmen völlig eingebettete Bauwerke behandelt. Den Schluß bilden Erddrucktabellen, aus denen für die am meisten vorkommenden Fälle der Praxis die Erddruckwerte schnell ermittelt werden können.

Neu ist die grundlegende Theorie des Erddrucks ohne schwierige mathematische Beweisführung in allgemeinverständlicher Form. So gelungen dieser Versuch auch ist, so kann man doch im Zweifel sein, ob es nicht ratsamer wäre, die Entwicklung der allgemeinen theoretischen Grundlagen als bekannt vorauszusetzen und lieber eine Erweiterung der Erddrucktabellen zu bringen, deren Fehlen vom Verfasser selbst beklagt wird. Bei der Behandlung der Widerstandfähigkeit des Baugrundes ist die Untersuchung der Tragfähigkeit des Baugrundes bei Flachgründungen als neu hervorzuheben. Eine höchst wertvolle Bereicherung

ldet das letzte Kapitel, in dem an der Hand von Lichtldern angestellte Versuche das Verhalten der Erdteilchen . der unmittelbaren Nachbarschaft des Bauwerkes im ugenblicke der Störung der Gleichgewichtslage zeigen. uch hier wird die befriedigende Übereinstimmung von heorie und Praxis dargetan. Besondere Beachtung verenen die Hinweise in der Einleitung über den praktischen ert von genauen Erddruckberechnungen und von Näheungsrechnungen, ferner die Richtlinien für den Gang der rddruckuntersuchungen sowie die Schlußbemerkung.

Sie werden vor allen Dingen jungen, Belehrung chenden Fachgenossen ans Herz zu legen sein, aber auch r Erfahrenere ist es gut, nicht aus dem Auge zu verren, „daß es weniger auf genaue zahlenmäßige Berechng, als auf eine sorgfältige Untersuchung des in Betracht ommenden Erdbodens" und der Bewegung des Bauwerkes kommt. Dieser leitende Gedanke macht das Buch als ehrbuch wie als Hilfe für die Praxis besonders wertvoll. ruck und Ausstattung sind einwandfrei. [E 223] Bu.

orträge über **Mechanik** als Grundlage für das **Bau- und Maschinenwesen.** Von Walter Kaufmann. 1. T.: Einführung in die Mechanik starrer Körper. 8. Aufl. des gleichnamigen Lehrbuches von Keck-Hotopp. Hannover 1927, Helwingsche Verlagsbuchhandlung. 632 S. m. 520 Abb. Preis 31,50 ℳ.

In dieser achten Auflage des gleichnamigen Lehrbuches on Keck-Hotopp ist die Statik vor der Dynamik und geennt von ihr behandelt. Der ganze Stoff ist in 6 Abhnitte geteilt. In der ersten Abteilung werden die Grundegriffe gegeben: Kraft, Masse, materieller Punkt, Geschwingkeit usw. Die zweite Abteilung enthält die Statik starrer örper, und zwar die Kräftegruppen am Massenpunkt und n starren Körper in der Ebene und im Raum, die Schwernktsätze und das Gleichgewicht starrer Körper. Die itte Abteilung ist der Lehre vom Schwerpunkt gewidmet d in der vierten Abteilung wird die Bewegung des Massennktes eingehend erörtert. Die Bewegung des einzelnen arren Körpers und der aus starren Körpern zusammengetzten Systeme bilden den Inhalt des fünften und umfangichsten Abschnittes, während im sechsten Abschnitt der oß fester Körper behandelt wird. Adr.

ehr- und Handbuch über **die Papierfabrikation und deren Maschinen.** Von Friedrich Müller. Biberach-Riß (Württemberg) 1926, Verlag des „Wochenblattes der Papierfabrikation" Güntter-Staib. 439 S. m. 286 Abb. Preis 30 ℳ.

Man kann dem Verfasser zu seinem Werk nur Glück ünschen; er hat es verstanden, unter Beiseitelassung alles nwesentlichen das große Stoffgebiet klar und übersichtlich zuordnen und die Einzelheiten mustergültig darzustellen. ine große Reihe von Berechnungen und Zahlentafeln ernzen den Text. Besonders zu loben sind auch die klaren, nfachen Abbildungen. Behandelt werden die Rohstoffe und ren Umwandlung in Halbstoffe, die maschinellen Einchtungen zur Herstellung der Hadernhalbstoffe, der Halboffe aus Stroh, Esparto und Alfa, die Herstellung der albstoffe aus Holz (Holzschliff, Sulfitzellstoff, Sulfatzelloff und Natronzellstoff), die Maschinen zur Herstellung der albstoffe aus Altpapier und endlich die maschinellen Einchtungen zur Herstellung des Ganzzeuges aus diesen Halboffen.

Ein umfangreiches Sach-, Skizzen- und Namenverzeichnis höht noch den Wert des Buches. Man kann nur den unsch aussprechen, daß der zweite Band des Werkes, der e Papierfabrikation im engeren Sinne behandeln soll, nicht ehr lange auf sich warten lassen wird. [E 283]

München Dr.-Ing. v. Laßberg

er Bau der Atome und das periodische System. Von Ivan Koppel. Leipzig 1927, Leopold Voß. 174 S. m. 47 Abb. Preis 10,50 ℳ.

Die Ergebnisse der neueren Atomforschung sind in eine icht verständliche und übersichtliche Form gebracht, die eben den Chemikern und Studierenden der Chemie auch e Ingenieure als Einführung begrüßen werden. Behandelt erden nach einem geschichtlichen Überblick u. a. die dioaktiven Erscheinungen, Isotopen und Elementbegriff, öntgenstrahlen, Atombau und periodisches System, Quanntheorie und Bau der Elektronenhülle. Nach der neuen ehre besteht das Atom aus einem Kern und einer Elekonenhülle. Der Kern ist der Träger der Masse und der dioaktiven Erscheinungen, die Elektronenverteilung beimmt die chemischen Eigenschaften. Die Kerne der verhiedenen Elemente sind aus Wasserstoff- und Heliumrnen zusammengesetzt. Das Atomgewicht, bezogen auf uerstoff, ist daher ganzzahlig. Elemente mit ungeraden omgewichten sind aus verschiedenen chemisch nicht zu terscheidenden Elementen zusammengesetzt (Isotopen).

Taschenbuch für die Farben- und Lackindustrie. Herausgeg. von Hans Wolff und W. Schlick. Stuttgart 1927, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. 347 S. Preis 8 ℳ.

Das Taschenbuch enthält auf rund 300 Seiten Angaben für den Interessenten des Anstrichwesens. Im ersten Teil werden die wichtigsten natürlichen und künstlichen Erd- und Mineralfarben und die Teerfarben und Lacke gebracht, weiter die für die Lackindustrie wichtigsten Öle, Harze und Asphalte und schließlich die wichtigsten Lösungsmittel und die Prüfung dieser Stoffe.

Teil 2 behandelt die Bindemittel, Teil 3 die Lacke, Firnisse und Trockenstoffe. Im 4. Teil sind die Öle der Lackfarben und im 5. Teil die Prüfung und Analyse von Lacken usw. aufgeführt. Teil 6 enthält Angaben über Unfallverhütungsvorschriften usw. und Tabellen.

50 Jahre Carlswerk. 1874—1924. Von W. Jutzi. Felten & Guilleaume, Carlswerk A.-G., Köln-Mülheim. 138 S. m. zahlr. Abb.

Ein wirtschaftlich-geschichtlicher Rückblick zeigt die industrielle Lage zur Zeit der Werkgründung. Das Carlswerk ist aus der schon 1826 als Hanfseilerei begründeten Unternehmung, Felten & Guilleaume, entstanden. Bei der Begründung des Carlswerkes 1874 durch F. C. Guilleaume war diese alte Firma bereits führend auf dem Gebiete der Draht- und Drahtseilherstellung. Die Festschrift ist zugleich ein wertvoller Beitrag zur Geschichte des Drahtseiles und des Kabels. Bb.

Kurzgefaßtes Lehrbuch für das wichtigste Reichsrecht. Von Hans Nehse. Berlin 1926, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 239 S. Preis 6,80 ℳ.

Das Buch will als kurzgefaßtes Lehrbuch den dargestellten Rechtsstoff nicht völlig erschöpfen. Es ist in erster Linie für die Beamten der Reichsbahn geschrieben. Mit gleichem Nutzen wird es aber auch von den Angehörigen andrer Berufzweige, sowohl Juristen wie Nichtjuristen, gelesen werden. Staats- und Verwaltungsrecht, Gerichtsverfassung, Zivilprozeß, Verfahren der freiwilligen Gerichtsbarkeit, Zwangsversteigerung und Zwangsverwaltung von Grundstücken, Konkursrecht, bürgerliches Recht, Grundbuch-, Straf- und Strafprozeßrecht sowie Haftpflichtrecht werden so behandelt, daß das Wesentliche jeweils klar hervortritt. [E 203] Gs.

Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Herausgeg. von C. Geiger. 2. Aufl. 2. Bd.: Formen und Gießen. Von C. Irresberger. Berlin 1927, Julius Springer. 584 S. m. 1702 Abb. Preis 57 ℳ.

Refa-Mappe für Gießereiwesen. Aufgestellt vom Verein deutscher Eisengießereien, Gießereiverband in Verbindung mit dem Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung. Berlin 1927, Beuth-Verlag. Preis 3,50 ℳ.

Einige Prinzipien der theoretischen mechanischen Technologie der Metalle. Von A. Rejtö. Berlin 1927, Selbstverlag d. Verfassers. (In Kommission beim VDI-Verlag.) 501 S. m. 232 Abb. Preis 32 ℳ.

Metallniederschläge und Metallfärbungen. Von F. Michel. Berlin 1927, Julius Springer. 179 S. m. 13 Abb. Preis 6,90 ℳ.

Fortschritte der Chemie, Physik und physikalischen Chemie. 19. Bd., 1. H.: **Die Zerstäubungserscheinungen bei Metallen.** Von Joseph Fischer. Berlin 1927, Gebrüder Bornträger. 70 S. m. 14 Abb. Preis 4,80 ℳ.

Bibliothek der gesamten Technik, 261. Bd.: **Galvanotechnik.** (Galvanostegie u. Galvanoplastik. Von H. Krause. 4. Aufl. Leipzig 1927, Max Jänecke. 217 S. m. 25 Abb. Preis 4,25 ℳ.

Die Wirtschaftlichkeit der Fernsprechanlagen für den Ortsverkehr. Von Fritz Lubberger. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 102 S. m. 19 Abb. Preis 7 ℳ.

Les Mesures de Températures courantes. Von Will Dériaz. Genève 1927, Henri Robert. 148 S. m. 24 Abb. Preis 2 Frcs.

Sammlung Göschen, 952. Bd.: **Transformatoren.** Von Fr. Sallinger. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 113 S. m. 66 Abb. u. 12 Taf. Preis 1,50 ℳ.

Die Stromversorgung von Fernmelde-Anlagen. Von G. Harms. Berlin 1927, Julius Springer. 137 S. m. 190 Abb. Preis 11,40 ℳ.

Sammlung Göschen, 950. Bd.: **Röntgenstrahlen.** (Physik, Technik und Anwendungen.) Von Richard Herz. Berlin u. Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 136 S. m 48 Abb. u. 16 Taf. Preis 1,50 ℳ.

Handbuch der angewandten physikalischen Chemie. Herausgeg. von Georg Bredig. 14. Bd.: **Die Verwendung der Röntgenstrahlen in Chemie und Technik.** Von Hermann Mark. Leipzig 1926, Joh. Ambrosius Barth. 528 S. m. 328 Abb. Preis 50 ℳ.

Fernkabel-Telephonie. Von A. Engelhardt. Berlin-Schöneberg 1927, Arthur Tetzlaff. 280 S. m. 154 Abb. Preis 15 *M*.

Statistik der Elektrizitätswerke und der Elektrischen Bahnen Österreichs. Herausgeg. vom Elektrotechnischen Verein in Wien. Wien 1926, Verlag des Elektrotechnischen Vereins in Wien. 214 S. Preis 18,40 *M*.

Sammlung Göschen, 953. Bd.: **Technische Schwingungslehre.** Von L. Zipperer. 1. T.: Allgemeine Schwingungslehre. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 110 S. m. 49 Abb. Preis 1,50 *M*.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeg. von W. Wien u. F. Harms. 14. Bd.: Kathodenstrahlen. Von P. Lenard u. A. Becker. Kanalstrahlen. Von Wilhelm Wien. Leipzig 1927, Akademische Verlagsanstalt. 788 S. m. 352 Abb. Preis 72 *M*.

Göschens Lehrbücherei, 1. Gr., 8. Bd.: **Algebra.** Von Oskar Perron. 1. T.: Die Grundlagen. 307 S. Preis 11,50 *M*. 2. T.: Theorie der algebraischen Gleichungen. 242 S. Preis 9,50 *M*. Berlin u. Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co.

Sammlung Göschen 768. Bd.: **Einführung in die konforme Abbildung.** Von Ludwig Bieberbach. 2. neubearb. Aufl. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 130 S. m. 38 Abb. Preis 1,50 *M*.

Manuel des laboratoires sidérurgiques. Commission des Laboratoires. Bruxelles et Paris 1927, Office de Publicité et Dunod. 310 S. m. 67 Abb. Preis 6,60 Fr. suisses.

Technische Fortschrittsberichte, 13. Bd.: **Fortschritte in der Kautschuk-Technologie.** Von F. Kirchhof. Dresden u. Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 201 S. m. 66 Abb. Preis 13,50 *M*.

Handbuch der Mineralchemie. Herausgeg. von C. Doelter u. H. Leitmeier. 4. Bd., 8. T.: S. 161 bis 320 m. vielen Abb. Preis 8 *M*.

Deutsche Wirtschaftsbücherei, 1. Bd.: **Handbuch der Mineralöl-Industrie.** Herausgeg. von Ernst Herzenberg und dem Zentral-Verband von Mineralöl-Handel und -Industrie E. V. 2. Aufl. Berlin 1927, Verlag f. Börsen- u. Finanzliteratur A.-G. 336 S. Preis 15 *M*.

Wirbelkristall und Wirbelkanal. Versuch eines kristallischen Aufbaues des periodischen Systems. Von Carl Westphal. Braunschweig 1927, Friedrich Vieweg & Sohn. 62 S. m. 117 Abb. Preis 3,50 *M*.

Ein Beitrag zur Entstehung der Zeppelin-Luftschiffahrt in Deutschland, David Schwarz, Carl Berg, Graf Zeppelin. Von Carl Berg. München 1927, Selbstverlag, Clemensstraße 94. 48 S. m. Abb. Preis 2,50 *M*.

Taschenbuch für das Waffen- und Munitions-Gewerbe. Von Jos. Deeg. München 1927, Piloty & Loehle. 127 S. Preis 3 *M*.

Handbuch für das Hochschulstudium in Deutschland: **Das Studium des Bergbaues in Deutschland.** Von H. Burckhardt. Charlottenburg 1927, „Hochschule und Ausland". 9 S. Preis 0,50 *M*.

Leistungssteigerung in Turnen, Spiel und Sport. Von R. W. Schulte. Oldenburg 1927, Gerhard Stalling. 204 S. m. 148 Abb. Preis 5,20 *M*.

Taschenbuch für Keramiker 1927. 1. Bd.: 368 S. Preis 2,50 *M*. 2. Bd.: KGE-Adreßbuch f. Keramik, Glas, Email. 208 S. Preis 3 *M*. Berlin 1927, Keramische Rundschau.

Tonindustrie-Kalender 1927. 1. T.: 90 S. Preis 1 *M*. 2. T.: 492 S. Preis 3,50 *M*. Berlin, Verlag der Tonindustrie-Ztg. Beide Bde. zus. 4 *M*.

Rundfunktechnisches Handbuch. 2. T.: Die physikalischen Grundlagen, die Konstruktion und die Schaltung von Spezialempfängern für den Rundfunk. Von Heinrich Wigge. Berlin 1927, M. Krayn. 317 S. m. 416 Abb. Preis 12 *M*.

Karl Röchling. Das Lebenswerk eines Großindustriellen. Von Richard Nutzinger. Völklingen-Saarbrücken 1927, Gebr. Hofer A.-G. 168 S. m. versch. Abb. Preis 25 Frs.

Das Recht der öffentlich angestellten und beeidigten Sachverständigen. Von Otto Zumbansen. Essen 1926, Weise & Co. 63 S. Preis 2,20 *M*.

Taschenbuch d. Kriegsflotten. 23. Jg. 1926. Von B. Weyer. München 1926, J. F. Lehmanns Verlag. 483 S. m. 439 Abb. Preis 12 *M*.

Weltanschauung eines Technikers. Von Erich Meisner. Berlin 1927, Carl Heymanns Verlag. 137 S. Preis 8 *M*.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Kugel- oder Rollenlager für Schienen-Fahrzeuge

Zu den Ausführungen des Herrn Betriebsingenieurs Scherz, Magdeburg, in Bd. 70 (1926) S. 629 bemerke ich folgendes:

Das verbesserte Eisenbahnwagen-Gleitlager mit mechanischer Schmierung[1]) erreicht alle Vorteile des Kugel- oder Rollenlagers. Nur der Mehraufwand für den arbeitslosen ersten Anruck ist geblieben. Sein Fortfall ist ein Mangel der Wälzlager. Selbst der Einlauf geht beim verbesserten Gleitlager ohne übermäßiges Ansteigen der Lagertemperatur bei voller Belastung vor sich. Die Reibungszahl im Anfang der Bewegung ist wesentlich erniedrigt; sie sinkt während der Fahrt auf $^1/_{500}$ bis $^1/_{1000}$. Die Verminderung des Zugwiderstandes beträgt 10 bis 15 vH, wie bei Wälzlagern.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 877.

Der Schmiermittelverbrauch des Gleitlagers mit Olorabdichtung beträgt jetzt weniger als 50 g auf 10 000 km, ist also noch wesentlich geringer als bei Wälzlagern. Damit ist dreijährige Schmierdauer einer Ölfüllung und eine wesentliche Verringerung der Wartung erreicht. Die Lebensdauer aller Teile beträgt mehr als drei Jahre. Die Erneuerungskosten sind sehr niedrig.

In der Unempfindlichkeit gegen Stöße, besonders beim Auflaufen auf Bremsschuhe, ist das Gleitlager dem Wälzlager weit überlegen. Heißläufer treten nicht häufiger als bei Wälzlagern auf.

Die mechanische Schmierung ist hoch wirtschaftlich, dagegen ist bei den hohen Anschaffungskosten der Wälzlager niemals eine auch nur geringe Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Dahingehend lauten auch die übereinstimmenden Urteile der Eisenbahnfachleute auf dem internationalen Eisenbahnkongreß in London am 22. Juni 1925.

[D 2087] Dr.-Ing. W. Friedrich

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 21. MAI 1927 NR. 21

Verbesserungen bei der Hamburger Hochbahn

Von Direktor Dr.-Ing. W. Mattersdorff, Hamburg

Freizügige Betriebsmittel — Knorr-Lambertsen-Bremse — Neue Universalkupplung der Hamburger Hochbahn — Bahnkraftwerk, Betrieb mit Ruths-Dampfspeicher — Unterwerke — Werkstätten und neue Wagenhallen — Neue Organisation der Wagenunterhaltung — Oberbau mit Rippenplatten — Verlängerungen der Bahnsteige

Abb. 8. Bahnkraftwerk mit Dampfspeichern

Als Unterlage für die Kritik des Betriebes diente im wesentlichen die Betriebstatistik, für die kürzlich auch vom Straßenbahnverein ein genormtes Schema ufgestellt worden ist[1]). So ergaben sich alle die Veresserungsarbeiten, die in den letzten zwei Jahren im Beiebe der Hamburger Hochbahn in einem den vorhandeen Geldmitteln entsprechenden Umfange durchgeführt urden.

Fahrbetriebsmittel

Die Hamburger Hochbahn weist nur eine einzige Vagenbauart einheitlicher Ausführung auf, einen vierchsigen zweimotorigen Motorwagen mit Schützensteueung, Luftdruckbremse und einem Fahrerstand. Vorhanen sind 333 Wagen einschließlich 54 Wagen, die noch n Bau sind. Allerdings sind neunzig von diesen Wagen, ämlich die früheren 2./3.-Klasse-Wagen abweichend geaut; sie haben eine Mittelwand mit Schiebetür und sind ı der einen Wagenhälfte mit Polstern ausgestattet. Doch iese Abweichung verschwindet nach und nach, da seit der bschaffung der 2. Wagenklasse im Jahre 1919 die Polersitze bei Abnutzung durch Holzsitze ersetzt werden. er rote Außenanstrich der 2.-Klasse-Abteile ist bereits jetzt urch einheitliches Gelb ersetzt. Zehn andre Wagen haben inen zweiten Fahrerstand, damit sie als Einzelwagen erkehren können. Alle diese nur der Vollständigkeit egen erwähnten Besonderheiten stehen der Freizügigkeit des einzelnen Wagens des gesamten Wagenparks nicht n Wege, und der gesamte Betriebs-, Verkehrs- und Unteraltungsplan baut sich auf dieser Freizügigkeit auf.

Die Wagen sind dementsprechend auch einheitich ausgerüstet und, wo noch Ausnahmen vorhanen sind, da werden die lebenswichtigen Teile der alten Ausrüstungen nach und nach durch Teile der Einheitsausrüstung ersetzt.

Ursprünglich war Feldschwächung der Motoren vorgesehen. Da ein Teil der Motoren zu hohe Lamellenspannung hatte, so zeigte es sich sehr bald nach der Betriebseröffnung, daß von der Verwendung der Feldschwächung zweckmäßigerweise abgesehen werden mußte; denn bei Frost neigten die Kollektoren dieser Motoren stark zu Überschlägen. Jetzt werden sämtliche ungeeigneten Kollektoren durch solche mit geringerer Lamellenteilung, d. h. mit niedrigerer Lamellenspannung ersetzt; die zugehörigen Anker werden umgewickelt, so daß der Wagenpark binnen wenigen Monaten nur eine einzige Ankerbauart haben wird und die Voraussetzungen für die Wiedereinführung der Feldschwächung gegeben sein werden.

Einige Motoren hatten ungeeignete Ankerlagerschmierung; infolgedessen kam es vor, daß die Ankerlager heiß- und die Anker aufliefen. Diese Anordnung wurde vollständig verlassen, und die Lagerschilde dieser Ankerlager wurden sämtlich durch solche mit Rollenlagern ersetzt.

Auf diese Weise ist die Vereinheitlichung der Wagenausrüstungen mehr und mehr im gesamten Wagenpark durchgeführt worden. Die Freizügigkeit sämtlicher Wagen hat es zuwege gebracht, daß die Zahl der stillstehenden Wagen im Verhältnis zur Gesamtzahl aller Wagen zu Zeiten sich stark einschränken ließ. Nicht möglich ist eine starke Einschränkung der auszubessernden Wagen und der Ersatzwagen bei gewissen epidemischen Erkrankungen des Wagenparkes. Was hierunter gemeint ist, kann nur an einigen Beispielen erläutert werden. Es kam in den vergangenen zwölf Jahren der Betriebsführung ab und zu vor, daß sich irgendein Mangel plötzlich bis zu empfindlichen Ausfällen an Wagen steigerte. Z. B. trat

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1684.

Abb. 1
Übersicht über den fahrplanmäßigen Wagenbedarf der Hamburger Hochbahn

beim Umbau der Luftdruckbremse ein vollständiges Versagen des neu eingebauten Schnellreglers ein, so daß Heißlaufen der Achsbüchsen und flache Stellen an den Radreifen die Folge waren. Nachdem die eigentliche Ursache erkannt war, konnte der Mangel schnell beseitigt werden. Ein andres Mal trat plötzlich eine Häufung von Überschlägen an den Motoren ein. Wie sich bald erwies, war dies eine Folge starken Frostes gewesen infolge der obenerwähnten Zusammenhänge.

Die Freizügigkeit aller Wagen anzustreben, ist in Hamburg erforderlich wegen der starken Schwankungen der Tagesverkehrsdichte, da nur hierdurch der Betrieb imstande ist, sich jeder Schwankung ohne weiteres anzupassen und den Wagenumlauf so sparsam wie nur irgend möglich einzurichten. Im Betriebe der Hamburger Hochbahn beträgt der Wagenumlauf in der Hauptverkehrzeit des Tages das 2½fache des Umlaufes in den verkehrschwachen Zeiten, Abb. 1. Es ist deswegen erforderlich, um Leerfahrten zu ersparen und auch den Zugabstand nicht unbequem zu vergrößern, daß Züge mit einem, zwei, drei, vier, fünf und demnächst auch sechs Wagen gefahren werden. Ursprünglich waren alle Betriebseinrichtungen nur auf den Betrieb mit Zügen bis zu vier Wagen zugeschnitten. Für die Aufnahme der Züge mit sechs Wagen werden zur Zeit sämtliche Bahnsteige verlängert, soweit es erforderlich ist. Die Widerstände für den Steuerstrom wurden für die bei so langen Zügen auftretenden höheren Stromstärken umgebaut. Auch die Lösezeit und Schnelligkeit des Ansprechens der Luftdruckbremse genügte nur für Züge mit höchstens vier Wagen.

Die frühere Zweikammerbremse wurde durch eine Einkammerbremse ersetzt, ein neues Steuerventil eingebaut und dadurch ein sehr erwünschtes in Stufen vorsichgehendes Lösen und Anziehen der Bremse ermöglicht. Diese Verbesserungen der Bremsausrüstung wurden von einem Betriebsangestellten der Hamburger Hochbahn namens Lambertsen entworfen. Nunmehr kann die Bremse eines Zuges mit sechs Wagen in 4 bis 5 s gelöst werden, was für kurze Aufenthalte erforderlich ist, Abb. 2. Außer der großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit wurde bei der neuen Knorr-Lambertsen-Bremse Unerschöpflichkeit dadurch erzielt, daß in der Lösestellung des Steuerventils Luft aus der Ausgleichleitung in den Hilfsluftbehälter strömt, und zwar ebenso viel, wie aus dem Bremszylinder entströmt. Dadurch ist man imstande, beliebig viele Bremsungen kurz hintereinander auszuführen, ohne daß die Bremsluft ausgeht. Der Luftverbrauch der Knorr-Lambertsen-Bremse beträgt nur etwa $^1/_{12}$ des Verbrauchs der Zweikammerbremse. Die größere Fortpflanzungsgeschwindigkeit beim Bremsen ergibt eine Verkürzung der Bremswege um 25 vH. Die Bremswege sind bei 50 km/h Geschwindigkeit jeweilig gleich der Zuglänge. Diese Verbesserung ermöglicht eine Steigerung der Zugdichte in unserm Betrieb um 13 s.

Trotz der verhältnismäßig geringen Druckunterschiede bei unserer Bremseinstellung beträgt die Füllzeit in Zügen mit sechs Wagen bei der Knorr-Lambertsen-Bremse nur 5 s gegenüber 20 s bei der Zweikammerbremse.

Die Lösezeiten beim ersten Wagen verschieben sich gegen die Lösezeiten beim sechsten Wagen bei der Knorr-Lambertsen-Bremse um 2 s, innerhalb welcher Zeit sich Zerrungen zwischen den Wagen ausgewirkt haben, gegenüber 14 s bei der Zweikammerbremse. Die Wirkungsweise hat durchaus befriedigt. Diese Bremse wird übrigens auch bei der Nord-Süd-Schnellbahn in Berlin benutzt.

Je länger aber die Züge im Hauptverkehr werden und je öfter die Länge der Züge gewechselt werden muß, um so notwendiger wird es, das Kuppelgeschäft zu vereinfachen. Die bisher vorhandene mechanische Kupplung muß durch eine Universalkupplung ersetzt werden, die tunlichst mit selbsttätiger Kupplung für die Luftdruckleitung und die elektrischen Leitungen verbunden ist. Hierauf wiesen Anregungen hin, die durch eine Forschungsreise nach Amerika gegeben wurden und über die in der Hauptversammlung des Straßenbahnvereins in München im Jahre 1925 berichtet wurde[2]). Der zunächst gemachte Versuch, die amerikanische Bauart einer selbsttätigen Universalkupplung unverändert zu übernehmen, erwies sich als ungangbar, sowohl infolge des hohen Gewichtes und der Abmessungen dieser Bauarten als auch schließlich wegen des untragbar hohen Preises. Anderseits hatte die beste deutsche selbsttätige Kupplung, nämlich von „Scharfenberg", keine erprobte Ausführung für eine Universalkupplung, die im vorliegenden Fall allein in Betracht kommen konnte; deshalb wurde zunächst eine Versuchsausführung einer selbsttätigen elektrischen Kupplung in Verbindung mit der vorhandenen handbetätigten mechanischen Kupplung gebaut und im eigenen Betrieb erprobt. Da diese Ausführung voll befriedigte, wurde in der Konstruktionsabteilung der Hochbahn unter Mitarbeit von Oberingenieur Schwub und Ingenieur Kramer nach Angaben des Verfassers die im folgenden beschriebene neue Bauart der Universalkupplung in Verbindung mit der bekannten Scharfenberg-Kupplung entworfen (DRP a.). Die versuchsweise ausgeführte Kupplung, Abb. 3 und 4, hat sich bei starker Inanspruchnahme und besonders scharfer Erprobung so bewährt, daß sie für den Einbau in alle Wagen bestimmt worden ist.

Bemerkenswert an der Konstruktion ist, daß sie, abgesehen von federnden Druckkontakten und federndem Luftleitungsmundstück und einer Schutzklappe, bewegliche Teile im elektrischen und pneumatischen unteren Teil des Kup-

[2]) Vergl. „Verkehrstechnik" Bd. 43/39 (1926) S. 85.

Abb. 2
Druckverlauf bei der Stufenbremsung und -lösung mit der Einkammerbremse, Bauart Knorr-Lambertsen

Abb. 3
Universalkupplung

geopfert werden. Die Umbauzeit wird deshalb aufs äußerste zusammengedrängt. Während dieser Zeit dürfen nur Wagen gleicher Kupplung zu einem Zuge zusammengestellt werden. Eine einfache und billige Notkupplung, die dazu dient, im Notfall auf der Strecke beim Schadhaftwerden eines Zuges eine alte handbediente und eine neue selbsttätige Kupplung miteinander zu kuppeln, ist von der Hamburger Hochbahn entworfen und auch zum DRP angemeldet worden, Abb. 6 und 7. Sie besteht aus einem Hilfsschäkel, durch den ein Querstück hindurchgesteckt und mit dem Handrad festgezogen wird.

Kraftwerk und Unterwerke

Kraftwerk

Der Ausbau des Kraftwerks richtete sich in erster Linie darauf, die Belastungspitzen auf möglichst wirtschaftliche Weise aufzunehmen. Bei den Hamburgischen Elektrizitätswerken geschieht dies durch die binnen wenigen Minuten dienstbereite 15 000 kW-Dieseldynamo[2a]) des Werkes Neuhof. Die Verhältnisse liegen aber bei einem Licht- und Kraftelektrizitätswerk für die allgemeine Versorgung ganz anders als bei einem Bahnkraftwerk mit reiner Drehstrom-Kraftübertragung. Die Belastungschwankungen im Bahnkraftwerk spielen sich plötzlich

Abb. 4
Universalkupplung mit geöffneter Schutzklappe

Abb. 5
Elektrische Teile der Universalkupplung

…lkopfes überhaupt nicht hat, und daß die ganze Kupp…ng in einen glatt umhüllten Körper eingebaut ist. Die …hutzklappe wird von dem Herzstück der mechanischen …upplung mitgenommen und erst im letzten Augenblick vor …m Abschluß des Kuppelvorganges von den bis dahin …gen Schlagregen und Schnee geschützten Kontakten und …uftmundstücken zurückgezogen. Die Kontakte stehen …nter 800 V Spannung und haben ausreichende Kriech…ege, so daß Kurzschlüsse nicht vorkommen, Abb. 5.

Bei der Aufhängung wurde von der bei der Scharfen…rg-Kupplung bisher üblichen federnden Mittellage Ab…and genommen, da sich dabei die Abnutzung der Teile …s zu groß erwies und die federnde Mittellage für starke …leiskrümmungen doch nicht ausreichte, um ein selbst…tiges Sichfangen der Kupplungen zu gewährleisten. Des…alb liegt der Kuppelkopf auf einer federnd angeordneten …uerleiste, auf der bei Bedarf die Mittellage begrenzt …erden kann. Die elektrischen Kontakte jeder der beiden …upplungen eines Wagens können nötigenfalls in dem am …ahrerstand vorhandenen Wagenabschalter abgeschaltet …erden, der zu diesem Zweck zwei neue Schaltstellungen …vordere oder hintere Kupplung abgeschaltet) erhält. In…lgedessen wird es möglich, einen schadhaften Wagen ganz …pannungslos zu machen. Die in der elektrischen Kupp…ng vorhandenen 18 Punkte müssen wegen der spiegel…ldlichen Lage zur Mittellinie des Wagens vorn und …nten doppelt vorhanden sein, damit die Reihenfolge der …nzelnen Punkte im Bild und Spiegelbild stets überein…immt. Da wegen der Umbauzeit Wagen mit alter und …euer Kupplung gleichzeitig im Betrieb sein werden, muß …e Freizügigkeit aller Wagen untereinander vorübergehend

und im Wechsel von Sekunden ab, dagegen im Betriebe der Hamburger Elektrizitätswerke binnen Minuten und Stunden in regelmäßiger Folge. Deshalb mußte für die Hochbahn eine im Bruchteil einer Sekunde selbsttätig dienstbereite Einrichtung für den Belastungsausgleich vorgesehen werden. Zu diesem Zwecke wurde ein Ruths-Dampfspeicher[2b]), bestehend aus zwei Kesseln von je 165 m³ Inhalt außerhalb des Maschinenhauses aufgestellt, der dazu dient, selbsttätig, d. h. mittels ölgesteuerten Ventils den Überschußdampf während der verkehrschwachen Zeit aufzunehmen und während der Hauptbelastung abzugeben, Abb. 8 (Titelbild). Die Gesamtspeicherfähigkeit beträgt 22 t Dampf bei einer Druckabsenkung von 15 auf 5 at.

[2a]) Z. Bd. 70 (1926) S. 818 u. 1409.
[2b]) Z. Bd. 66 (1922) S. 509 u. f.

Abb. 6 und 7
Übergangskupplung

Abb. 9
Schema der Dampf- und Wasserführung im Bahnkraftwerk. *OK* Hilfsturbine mit Oberflächenkondensation.

Für den Speicherbetrieb wurde die größte vorhandene Turbine von 6000 kW Leistung zum Zwecke der gemeinsamen Beaufschlagung einerseits durch überhitzten Frischdampf, anderseits durch Sattdampf aus dem Dampfspeicher umgebaut. Inzwischen war aber der Energiebedarf so gestiegen, daß ein voller Ersatz beim Ausfall der größten Maschineneinheit nicht mehr vorhanden war; deshalb mußte auch eine Erweiterung der Leistungsfähigkeit des Kraftwerkes vorgesehen werden. Die kleinen 2000 kW leistenden Maschinensätze waren infolge der gestiegenen Belastungsverhältnisse selten benutzbar. Wegen der beschränkten Raumverhältnisse wurde deshalb eine neue 10 000 kW leistende AEG-Turbine an der Stelle einer früheren 2000 kW leistenden Turbine aufgestellt. Obwohl die Bauarbeiten bei sehr ungünstigem Untergrund mitten im Maschinenhaus für die Herstellung einer neuen tieferen und größeren Grundplatte nicht ganz einfach waren, wurde der Umbau ohne Zwischenfall unter Grundwasserabsenkung auf + 4,47 m über Hamburger Null durchgeführt. Die neue Turbine ist ebenfalls für gemischte Frisch- und Sattdampfverwendung eingerichtet. Als Dampfverbrauch wurden für den 10 000 kW leistenden Turbinensatz bei Vollast 5,2 kg/kWh, bei halber Last 6,1 kg/kWh gewährleistet.

Entsprechend der vergrößerten Maschinenleistung mußte die Kesselleistung erhöht werden, zumal die vorhandenen acht Kessel von je rd. 400 bis 500 m² Heizfläche veraltet sind. Es wurden zwei Hochleistungskessel von A. Borsig, Tegel, mit je 750 m² Heizfläche, 30 m² Rostfläche (2 × 4,8 m Länge und 3,2 m Breite) sowie 9,55 m Höhe mit neuen Vervoort-Wanderrosten und flachen Zünddecken, Bauart Roschmann, aufgestellt. Von der Gesamtkesselleistung des Kraftwerkes werden nach Aufstellung der neuen Hochleistungskessel gegenwärtig nur ein neuer Kessel mit 750 m² und zwei alte mit 420 m² Heizfläche unter Dampf gehalten, so daß augenblicklich ein weitgehender Ersatz vorhanden ist.

Nachdem alle diese Neuerungen eingeführt waren, ergab sich der spezifische Kohlenverbrauch mit nur 0,87 bis 0,9 kg/kWh gegen früher 1,05 bis 1,12 kg/kWh; weiter konnten weniger Kessel als bisher in Betrieb sein, was neben der Kohlenersparnis auch eine weitgehende Vereinfachung der Betriebführung zur Folge hat.

Die Wirkungsweise der Gesamtanlage nach Einbau des Speichers geht am klarsten hervor aus dem Schema der Dampf- und Wasserführung, Abb. 9. Das ölgesteuerte Überströmventil ist so eingestellt, daß es den Kesselfrischdampf nach dem Speicher beim Sinken des Kesseldrucks unter 13,2 at Überdruck absperrt und öffnet, sobald der Dampfdruck ansteigt. Der Speicherdampf wird durch die Steuerwelle an der Turbine so gesteuert, daß er mitarbeitet, wenn der Kesseldruck unter 13,1 at fällt, und die Mitarbeit einstellt, wenn der Kesseldruck wieder 13,1 at übersteigt oder der Speicherdruck unter 5 at fällt.

Der Zweck der Ruths-Wärmespeicheranlage ist neben der Spitzendeckung weiter auch noch ein Leistungsausgleich und ein Augenblickersatz bei Kesselstörungen. Während nämlich im bisherigen Betrieb, Abb. 10, eigens für die Aufnahme der Morgen- und Abendspitzen zu den im durchgehenden Betriebe befindlichen Kesseln für kurze Zeit ein Mehrfaches der im Dauerbetrieb befindlichen Kesselheizfläche unter hohen Verlusten für An- und Absetzen zugeschaltet werden mußte, werden nach dem Einbau des Speichers die Spitzen so weit aufgenommen, daß nur noch etwa 60 vH der Heizfläche, d. h. etwa 40 vH der Dampfleistung des dauernd betriebenen Kessels zugeschaltet zu werden brauchen, Abb. 11.

Abb. 11
Betriebschaulinien mit Speicher vom 3. Dezember 1926

Abb. 10
Betriebschaulinien aus dem Kraftwerk, aufgenommen am 9. Dezember 1921

Abb. 12 und 13
Dampfdruck an der Turbine (oben) und Speicherdampfdruck (unten) im Verlauf eines Tages

Im Betrieb: *a* 1 Kessel 750 m² und 1 Kessel 420 m²
b Speicher und 1 Kessel 750 m²
c Speicher, 1 Kessel 750 m² und 1 Kessel 420 m²
d Speicher und 1 Kessel 750 m² *e* Speicher allein

Beim Betrieb ohne Speicher wirkten sich die Be-
istungschwankungen infolge ihrer Größe und Plötzlich-
eit auf den Dampfdruck dahingehend aus, daß bei fallender
ast ein Abblasen der Sicherheitsventile, bei steigender
ast ein Sinken des Kesseldruckes häufig zu beobachten
ar. Infolge der Benutzung der Speicheranlage wird es
öglich, die Feuerführung der Kesselanlage langsam,
. h. ohne große Verluste, der Änderung der elektrischen
elastung anzupassen, indem überschüssiger Dampf vom
peicher aufgenommen wird. Bei Dampfmangel wird in-
olge sinkenden Dampfdruckes Speicherdampf zur Kraft-
rzeugung herangezogen, Abb. 12 und 13.

Für den Fall vorübergehender Störungen an der
esselanlage ist es möglich, eine Zeitlang die Maschine
it Speicherdampf zu betreiben und so die Stromlieferung
icherzustellen, bis der Schaden behoben, oder der unter
ruck stehende Ersatzkessel hochgeheizt ist, um den Be-
ieb aufzunehmen. Dies ist sogar dann von wesentlichem
orteil, wenn solche Aushilfe nur kurze Zeit in An-
ruch genommen wird. Einen Vergleich der elektri-
hen und Dampf-Spitzenleistung mit der Durchschnitts-
istung zeigt folgende Zusammenstellung[3]):

lektrische Leistung:	kW	vH
Mittlere Last	4350	110
Höchste Viertelstundenspitze		
vormittags	7580	173,5
nachmittags	6950	159
öchste Augenblicksspitze		
vormittags	9300	213
nachmittags	8700	200
elastung der Kesselanlage:	t/h	vH
Mittlere Dampfleistung	28,5	100
Höchste Halbstundenspitze		
vormittags	44	156
nachmittags	35	123

Während also (von Augenblickspitzen abgesehen)
e elektrische Leistung um 73,5 und 59 vH über das Mit-
l gestiegen ist, war es infolge der ausgleichenden Wir-
ung der Speicheranlage nur erforderlich, die Leistung
r Kesselanlage um 56 und 23 vH über das Mittel zu
eigern. In den Morgenstunden wurden während 4 h aus
peicherdampf etwa 1800 kWh erzeugt und außerdem
ch etwa 9 t Heizdampf aus dem Speicher abgegeben,
n Nachmittag 2600 kWh und 1 t Heizdampf.

Die höchste Augenblicksleistung aus Speicherdampf
etrug etwa 2400 kW, die höchste Viertelstundenleistung
is Speicherdampf etwa 1800 kW; während der Nach-
ittagspitze wurden rd. 8 vH der gesamten Leistung aus
eicherdampf erzeugt. Infolge des in diesem Falle nur
geringen Anteiles des Speicherdampfes wird der parallel zum Frischdampf zugeführte Speicherdampf im Curtisrad durch die Schaufelwärme sogleich soweit überhitzt, daß er mit annähernd gleichem thermodynamischen Wirkungsgrad wie der Frischdampf arbeiten kann.

Als Folge der Erhöhung der Gesamtleistung des Kraftwerks mußte auch das Schalthaus durchgreifend erweitert werden; denn die Anforderungen an die Betriebsicherheit eines Hochspannungschalthauses sind seit der Errichtung des Kraftwerks im Jahre 1911 wesentlich verschärft worden. Die heute als notwendig erkannte Weiträumigkeit, Abgeschlossenheit der einzelnen Schaltzellen und Größe der Schalteinrichtungen führte dazu, die Größe des Schalthauses mehr als zu verdoppeln; weiter konnte eine besondere Zellenreihe zur gegenseitigen Strombelieferung zwischen Hochbahn und Hamburgischen Elektrizitätswerken geschaffen werden. Die Schalter werden nach beendigtem Umbau in einem vom Maschinenhaus abgetrennten Raum betätigt werden, der mit Schaltpulten ausgerüstet ist.

Für bessere Zu- und Abfuhr von Maschinenteilen wurde ein neuer Bockkran zwischen Dampfspeicher und Maschinenhaus aufgestellt, der die Maschinenteile auf eine in der Höhe des Maschinenhaus-Fußbodens liegende Plattform hebt. Der im Maschinenhaus gebrauchte stärkere, 35 t hebende Kran machte den alten Laufkran frei, der jetzt östlich vom Kesselhaus für das Abladen von Maschinenteilen von Eisenbahnwagen aufgestellt wurde.

Unterwerke

Das Hochbahnnetz hat zwei Unterwerke an der Ringlinie, eines im Tunnel am Hauptbahnhof und eines nördlich an der Heilwigstraße, außerdem zwei außenliegende Unterwerke für die Anschlußlinien in Volksdorf und Langenhorn. Das unterirdisch gelegene Unterwerk Hauptbahnhof war in seiner ganzen Ausdehnung mit Maschinen besetzt. Zur Verbesserung seiner Lüftung wurde ein neuer Zuluftturm gebaut. Hier mußte weiter für größere Leistungsfähigkeit dadurch Raum geschaffen werden, daß man die Maschinensätze für 1000 kW-Lei-

Abb. 14
Unterwerk Heilwigstraße

[3]) Versuchsergebnisse während eines Betriebstages nach Auf-
hmen der Abteilung für Wärmetechnik der AEG.

Abb. 15. Betriebsbahnhof Stadtpark

stung allmählich durch 2400 kW leistende Einheiten ersetzte. Jetzt sind drei Umformer von je 2400 kW vorhanden, sowie drei Einheiten zu je 1000 kW. Um für die freiwerdenden 1000 kW leistenden Umformer im Unterwerk Heilwigstraße Platz zu schaffen, wurden hier weitere vier Maschinensätze und außerdem ein neuzeitliches Hochspannungschalthaus aufgestellt, Abb. 14, worin die Hochspannungsölschalter nach Vorschlag der SSW so angeordnet sind, daß die empfindlichen Teile des Schalters innerhalb des Hauses liegen, der Ölkasten dagegen außerhalb im Freien hängt. Dieses vergrößerte Unterwerk Heilwigstraße wird einen Teil der im Bau befindlichen neuen Untergrundbahn Kellinghusenstraße – Jungfernstieg speisen. Ein andrer Teil dieser neuen Linie soll durch ein neu zu errichtendes Gleichrichter-Unterwerk versorgt werden. Sobald die nötigen Geldmittel zur Verfügung stehen, werden im Gleichstromspeisenetz ganz voneinander getrennte Speiseabschnitte der Ringlinie geschaffen werden, damit man bei Kurzschlüssen jederzeit ein klares Betriebsbild hat.

Werkstätten und Wagenhallen

Im Werkstätten- und Wagenhallenbetrieb richtete sich die Rationalisierung des Betriebes in erster Linie darauf, einen Betriebsablauf zu schaffen, der das Personal schärfer zusammenfaßt. Auf diesem Gebiet können wir von Amerika viel lernen; es braucht nicht alles ausgesprochene Fließarbeit zu sein, was imstande ist, dieses Ziel zu erreichen. Gerade hierfür sind langwierige Vorarbeiten notwendig, ehe man zu einem zufriedenstellenden Ergebnis gelangt. Trotzdem möge über die ersten Schritte der Umstellung schon heute berichtet werden.

Werkstätten

Die Hauptuntersuchung der Wagen in der Werkstatt wurde bisher so gehandhabt, daß jeder Wagen für sich auseinandergenommen und nach Überprüfung, Ausbesserung und Reinigung wieder aus den gleichen Bestandteilen zusammengesetzt wurde. Jetzt ist eine Art Ersatzbau, soweit dies bei einem vorhandenen Wagenpark nachträglich praktisch durchführbar ist, eingeführt worden. Vorbedingung war die Schaffung von besonderen Werkstätten für Ausbesserung der einzelnen Ausrüstungsgegenstände. Diese wurden früher unmittelbar neben dem Wagen nachgesehen; jetzt werden sie nach dem Ausbau in die Werkstatt für Gerätebau geschickt, und andre bereits nachgesehene Teile werden sofort wieder an ihrer Stelle eingebaut. Hierdurch soll auch eine Beschleunigung der Arbeit und eine kürzere Stillstandzeit jedes Wagens herbeigeführt werden. Ziffernmäßige Angaben über den Erfolg dieser Umstellung können erst später gegeben werden.

Wagenhallenbetrieb

Für die Aufstellung und laufende Untersuchung der Wagen sind vier Betriebsbahnhöfe vorgesehen, deren Fassungsvermögen nach späterem, vollem Ausbau aus Zahlentafel 1 hervorgeht.

Zahlentafel 1. Fassungsvermögen der Betriebsbahnhöfe (Anzahl der Wagenstände) nach vollem Ausbau

Betriebsbahnhof	Fassungsvermögen der Wagenhalle	Fassungsvermögen der Aufstellgleise	insgesamt
Hellbrookstraße . .	160	—	160
Rothenburgsort . . .	108	—	108
Stadtpark (im Bau)*)	108/144	108/144	216/288
Sengelmannstraße (geplant)	240	—	240

*) Die erste Zahl gilt für Sechswagenzüge, die zweite Zahl für Achtwagenzüge.

In den Wagenhallen wurde die Überprüfung der Wagen bisher so gehandhabt, daß man für jeden Teil der Ausrüstung vertrauenswürdige Angestellte ausbildete, die für die richtige Überholung des betreffenden Teiles verantwortlich gemacht wurden. Z. B. war ein Vorschlosser verantwortlich dafür, daß die Bremsen rechtzeitig an jedem Wagen nachgesehen und neu eingestellt waren. Von diesem Verfahren wurde jetzt zur schärferen Überwachung des einzelnen Angestellten gänzlich abgesehen. Statt dessen wurden Hauptgruppen für die gesamte Wagenuntersuchung unter Leitung eines Werkführers gebildet. Diese Hauptgruppen haben alles zu überprüfen, was mit der Betriebfähigkeit des Wagens zu tun hat. Die Arbeit der Gruppen schreitet nunmehr planmäßig von Gleis zu Gleis fort. Die aufsichtführenden Angestellten können die Arbeit ihres Personals besser überblicken, da das gesamte Personal örtlich zusammengefaßt ist. Der Erfolg dieser Maßnahme zeigte sich in der Betriebstatistik sofort in wesentlich verbesserten Schädenziffern, indem noch im Vorjahr 34,1 innere Schäden auf 100 000 Wagenkilometer entfielen, im ersten Monat nach Umstellung 28,4, im zweiten 22,2, im zehnten Monat 14,5. Die Untersuchungsdauer beträgt für jeden Wagen jetzt noch nicht ½ h. Jeder Wagen trägt eine umsteckbare Untersuchungsnummer (Kalendertag) am Fahrerstand, so daß er am Fälligkeitstage ganz selbsttätig der Wagenhalle zugeführt wird.

Diese geänderte Einteilung des Wagenhallenbetriebes hatte noch einen andern Zweck. Sie ist nämlich Vorbedingung für einen Versuch, der mit einer Aufstellung der Wagen unter freiem Himmel gemacht werden soll. Es ergab sich Gelegenheit, gerade diesen Punkt in Amerika eingehend zu prüfen, und ich kam nach den erhaltenen Auskünften zu der Überzeugung, daß die klimatischen Verhältnisse dort mindestens so ungünstig sind wie in Hamburg. Allerdings sind die Anforderungen an das Aussehen des Wagenparks drüben anders als bei uns. Immerhin haben auch die Amerikaner von uns gelernt und legen letzthin größeren Wert auf das Aussehen ihrer Wagen, da sie sich das als Werbemittel für den Verkehr vorstellen. Trotzdem denken die Amerikaner nicht daran, ihren gesamten Wagenpark nachts unter Dach zu bringen. Das Übernachten der Wagen im Freien hat selbstverständlich auch nachteilige Folgeerscheinungen, insbesondere die Gefahr des Einfrierens der Bremsen, so daß es mehrjähriger Erfahrungen bedürfen wird, um zu entscheiden, ob der Versuch im Betriebe der Hamburger Hochbahn, der nach Fertigstellung des einen der neuen Betriebsbahnhöfe, „Stadtpark", angestellt werden soll, sich auf die Dauer bewähren wird. Es ist beabsichtigt, in dieser neuen Wagenhalle nach dem vollständigen Ausbau nur für die Hälfte der aufzustellenden Wagen

Vagenhallenraum zur Verfügung zu stellen. Da es sich ber empfiehlt, die Bedingungen nicht zu erleichtern, ondern vielmehr zu verschärfen, um die Bewährung ines neuen Verfahrens gleich gründlich festzustellen, so vurde der erste Ausbau nur auf ein Viertel des Wagenallenraumes im Vergleich zum gesamten Aufstellungsleisraum bemessen, Abb. 15. Es ist dabei vorsorglich lles so angeordnet, daß die gesamten Aufstellgleise achträglich noch mit Wagenhallen überdacht werden önnen, wenn der Versuch sich nicht bewähren sollte.

Die beschriebene Umstellung in der Wagenuntersuchung ist notwendig, damit in diesem Betriebsbahnhof der Zug nach durchgeführter Untersuchung sofort die Ialle verlassen kann und einem neuen Zuge Platz macht, er auf einem vor der Halle vorgesehenen zweiten Gleis nit Weichenanlage zum Einlaufen in dasselbe Gleis bereitteht. Die gesamte Weichenanlage ist für diesen Zweck ingerichtet, und die Aufstellgleise vor der Halle eralten eine vollständige Sicherungseinrichtung, um diese ielfachen Zugbewegungen schnell und ungefährdet urchführen zu können.

Der Bau dieser Aufstellgleise erforderte umfangeiche Erdarbeiten, da das gesamte Gelände um 5 m aufeschüttet werden mußte.

Auch die R e i n i g u n g s a r b e i t e n in den Wagen erden vereinfacht. Diejenigen Wagen, die noch einen attenrost auf dem Fußboden haben, werden mit Linoeumbelag versehen, der sich in wenigen Minuten reinigen ißt. Außerdem wurde eine Verchromungsanlage behafft, mit der sämtliche Griffe und Messingteile des Vagens verchromt werden, so daß jegliche Putzarbeit von Iessing, für die bisher acht Frauen tätig waren, in Zuunft wegfallen kann.

Strecke und Oberbau

Der bisher vorhandene Wechselsteg-Verblattoberau von 28 kg Gewicht für 1 m Gleislänge hat sich estens bewährt, obwohl er verhältnismäßig leicht ist; er at aber angesichts der neuzeitlichen Versuche, die Stöße u verschweißen, auf Untergrundbahnstrecken seine Daeinsberechtigung verloren. Außerdem hat er den Nacheil, daß der Ersatz im Tunnel durch die Schwierigkeit des Vendens einer Schiene nicht bequem war und daß die toßblätter bei starker Abnutzung des Kopfes doch chließlich zum Reißen an der Einschnittstelle neigten. elegentlich der Einführung eines Stumpfstoßes mit stärerem Schienenprofil wurde nach langwierigen Unteruchungen auch eine vollständig neue Befestigung der chienen mit sogenannten R i p p e n p l a t t e n, Bauart u c h h o l z, die auch die Reichsbahn jetzt in großem mfang einführt, für alle neu zu bauenden und demnächst uch für die zu erneuernden Strecken entworfen. Der neue berbau wiegt 36,8 kg auf 1 m, und die Rippenplatten aben den besonderen Vorteil, daß sie für Normalspur elbst, wie auch für alle Spurerweiterungen gleiche Beestigungslöcher in den Schwellen erfordern, so daß die chwellen vor der Tränkung im Tränkwerk bereits gebohrt und die Platten dort fest aufgesetzt werden können, ferner, daß die Plattenbefestigung auf der Schwelle beim Auswechseln der Schienen nicht gelöst zu werden braucht. Dadurch wird auch die Zeit, die zum Auswechseln einer Schiene nötig ist, gekürzt werden können. Der Stumpfstoß wird es außerdem ermöglichen, die Stöße wenigstens auf neuen Untergrundbahnstrecken in größerem Umfange zu verschweißen. Inwieweit dies auch bei der Auswechslung im Betriebe möglich ist, wird der Versuch erst erweisen müssen.

Die hängende d r i t t e S c h i e n e hat sich so bewährt, daß irgend eine Verbesserung daran nicht vorgenommen zu werden braucht. Bemerkenswert ist, daß nach vierzehn Jahren eine auf stark befahrenen Streckenabschnitten doch nicht ganz zu vernachlässigende Abnutzung der Stromschiene (etwa 4 mm) festzustellen ist, so daß sich die Verwendung eines Doppelkopfprofils, wie es bei der Hamburger Hochbahn vorhanden ist, nach absehbarer Zeit als praktisch für das Wenden der Schienen erweisen wird.

Da die Außenlinien in landschaftlich schöne, aber ganz freie Gegenden führen, macht die Beseitigung des wuchernden Unkrautes die gleichen Schwierigkeiten, mit denen auch die Reichsbahn stellenweise kämpft. Ein Unkrautvertilgungsmittel, das für die Gleis- und Rückleitungsströme keine gefährliche Verminderung der Isolation zwischen Schiene und Schwelle verursacht, ist bisher noch nicht gefunden worden. Versuche sind im Gange.

Über den Ersatz des handbedienten halb selbsttätigen Blocks durch eine vollständig selbsttätige Signalanlage der Firma Siemens & Halske, A.-G., ist in dieser Zeitschrift schon berichtet worden[4]). Der Betrieb ist vor wenigen Tagen von Hoheluftbrücke über Schlump, Hauptbahnhof bis Stadtpark ausgedehnt worden. In wenigen Monaten wird die gesamte Ringlinie ebenso wie bereits die Walddörferbahn damit ausgerüstet sein. Die restlichen Zweigstrecken erhalten die neue Signalanlage je nach Bedarf im Anschluß daran. Hierdurch, im Zusammenhang mit der Bahnsteigverlängerung, wird die Leistungsfähigkeit der Hochbahn wesentlich erhöht. Man wird 90 s Zugabstand bei Zügen mit sechs Wagen erreichen können. Die B a h n s t e i g v e r l ä n g e r u n g ist bisher auf zwölf Haltestellen durchgeführt oder im Bau; der Rest, für die Haltestellen der Ringlinie, wird in Jahresfrist beendet sein. Um die vermehrte Verkehrsleistung in Zukunft auch an der Fahrkartensperre zu bewältigen, wird man auch hier durch maschinelle Verfahren die Abfertigung der Fahrgäste beschleunigen müssen. Der Versuch mit einer „Passimeter"-Einrichtung, d. h. maschineller Abfertigung am Fahrkartenschalter, wird demnächst durchgeführt.

Alle die geschilderten Verbesserungen des Betriebes sind zugleich auch Betriebserweiterungen und Vorbereitungsmaßnahmen für die Ausdehnung des Betriebes auf die im Bau befindliche Untergrundbahnlinie Kellinghusenstraße–Jungfernstieg. [B 2696]

[4]) Z. Bd. 68 (1924) S. 970.

Die Wasserwirtschaft im Spreewald

Die monatelang anhaltende starke Überflutung des anzen Spreewaldgebietes im letzten Winter durch die unewöhnlich großen Hochwassermassen hat den Landesrektor der Provinz Brandenburg zu einer eingehenden ntersuchung der Abflußverhältnisse im Spreewaldgebiet eranlaßt, die in einer besonderen Denkschrift niedergelegt t. Nach dieser Denkschrift scheint die gesamte Wasserirtschaft im Spreewald in den letzten Jahrzehnten von rigen Voraussetzungen ausgegangen zu sein, und zwar ird die Höhenlage des Hochwasserspiegels innerılb der Fließe bei den ständig eintretenden Überschwemungen unrichtig angenommen, und die Abmessungen der asserführenden Profile der Fließe und Fließteile sind nzulänglich klein gehalten worden. Schließlich sollen die Zuflußmengen aus den zugehörigen Niederschlagsgebieten unterschätzt und die Versickerung und Verdunstung überschätzt worden sein.

Zur Behebung der bestehenden Mißstände wird eine Verbesserung der Vorflut durch einen Ausbau der Fließe für „bordvolle" Abführung der Hochwässer vorgesehen. Dazu aber ist die Anlage einer Reihe von Stauwerken erforderlich, um eine zu weit gehende Absenkung der Mittel- und Niedrigwasserstände zu verhindern, die die Wiesenkulturen schädigen würde. Oberhalb Kottbus müßte ferner ein Staubecken geschaffen werden, außerdem ein Umführungskanal unterhalb Kottbus bei Burg und eine Abdeichung gewisser Randgebiete. Die Kosten dieser Arbeiten werden auf 8 Mill. *M* geschätzt, die zu 80 vH vom Staat, zu 20 vH von der Provinz getragen werden sollen. [N 316] Sp.

Die Kübelförderung im Bergwerkbetriebe

Von Dipl.-Ing. Paul Walter, Gleiwitz

Die Kübel-(Gefäß-)Förderung, die im ausländischen Bergbau bekannt ist, hat auch im deutschen Bergbau Eingang gefunden. Die Wirkungsweise der Fördereinrichtung wird näher beschrieben und ihre wirtschaftlichen Vorteile für den Bergbau gegenüber der Gestellförderung auf Grund praktischer Erfahrungen werden nachgewiesen.

Am 4. Oktober 1922 fand in Essen eine Tagung des rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergbaues statt, auf der, veranlaßt durch die Auswirkungen des Friedensvertrages, wichtige Fragen der Kohlenwirtschaft zur Sprache gebracht wurden. Bei dieser Gelegenheit wurde zum ersten Mal auf die Kübel-(Gefäß)Förderung im Gegensatz zu der bis dahin im deutschen Bergbau verwendeten Gestell-(Schalen-)Förderung eingehender aufmerksam gemacht und auf deren Wesen und Einfluß auf den Förderbetrieb hingewiesen[1]). Hierbei zeigte sich, daß die Kübelförderung wohl im ausländischen Erzbergbau seit Jahrzehnten bekannt war und daß sie vor allen Dingen im amerikanischen Bergbau in den letzten Jahren in immer stärkerem Maß eingeführt wird, daß sich aber der deutsche Bergbau und im besonderen der deutsche Kohlenbergbau mit Ausnahme der Staatlichen Berginspektion II, Zaborze O.-S.[2]), auf deren Ostfeldschachtanlage man den Bau einer Kübelförderung Ende 1921 begann, mit dieser Frage noch nicht oder nur wenig beschäftigt hatte.

Eingehend wurde erörtert, aus welchen Gründen im amerikanischen Bergbau Kübelförderungen schon auf einer großen Anzahl von Schachtanlagen eingebaut worden sind, und dabei festgestellt, daß Vorteile dieser Förderung in der Bewältigung großer Schachtförderleistungen, im geringen Platzbedarf und in der Ersparnis an Bedienungsmannschaft bestehen. Wohl hatte Herbst[3]) schon im Jahre 1913 auf die Vorteile der Kübelförderung hingewiesen. Seine Ausführungen blieben jedoch seinerzeit, und zwar wohl hauptsächlich wegen des Weltkrieges, unberücksichtigt. Erst die Ausführung der Ostfeld-Kübelförderung in Zaborze und die auf der Wenzeslaus-Grube vorgenommenen Versuche bildeten den Anlaß, diese neue Förderart auf der Bergbautagung 1922 eingehend zu behandeln.

Während die Kübelförderung im Kohlenbergbau bisher nur langsam Eingang gefunden hat, ist sie im Erz- und Kalibergbau an mehreren Stellen eingebaut und in Betrieb genommen worden. So haben das Kalibergwerk Hattorf[4]) und das Salzbergwerk Heilbronn Gefäßförderungen für kleinere Fördermengen, während im französischen[5]) und schwedischen Erzbergbau an verschiedenen Stellen Kübelförderungen mit beachtenswerten Leistungen laufen.

Der wichtigste Teil der Kübelförderung ist der Förderkübel. Je nach der Art der Entleerung des in den Kübel eingefüllten Fördergutes unterscheidet man Kippkübel und Bodenentleerer.

Der Kippkübel besteht aus einem Tragrahmen, der im Schacht und im Fördergerüst an Spurlatten geführt wird, und aus einem Füllrumpf, der in dem Rahmen drehbar gelagert ist. Am Kübelrumpf sind die Verriegelungsvorrichtung sowie die Führungsrollen befestigt, die an der Entleerungsstelle in Führungsschienen einlaufen und dabei den Rumpf in die Kippstellung drehen, Abb. 1 und 2. Ferner befinden sich an ihm die Übertreibschienen, durch die ein stoßfreies Überfahren der normalen Entladestellung möglich ist.

Der Kübel mit Bodenentleerung besteht aus einem Tragrahmen und einem mit diesem fest verbundenen Füllrumpf, der sich beim Entleeren aus der senkrechten Spurlattenführung nicht entfernt. Der Rumpf hat im unteren Teile der Vorderwand eine Öffnung, die durch eine entsprechend konstruierte Klappe oder einen Schieber verschlossen wird. Diese Art der Verschlußausbildung wird

RZ592 1u.2

Abb. 1 und 2
Amerikanischer Kippkübel
(Allen & Garcia)

auch dort verwendet, wo die bisher benutzten Gestelle in Bodenentleerer umgebaut wurden, z. B. bei den Kübelförderanlagen Heilbronn und Hattorf[4]), Abb. 3 und 4. Die Wände des Gestells werden durch Bleche verkleidet, der Kopf wird entsprechend umgebaut, und an Stelle des unteren wagerechten Bodens wird ein schrägliegender Boden eingezogen.

Wenngleich auch diese Kübelart nur ein Zwischenglied zwischen Gestell und Bodenentleerer darstellt, so können mit ihr doch ganz brauchbare Ergebnisse erreicht werden. Ungünstig wirkt bei einem solchen Kübel allerdings der Umstand, daß die Schmalseite im Verhältnis zur Breitseite zu klein ist und die Raumausnutzung nicht als günstig angesprochen werden kann. Vorteilhafter ist ein Kübelquerschnitt, der sich der quadratischen Form nähert. Verwendet man einen rechteckigen Querschnitt, so sollte man das Fördergut von der Breitseite des Kübels her dem Kübel zuführen.

Der Nachteil des Schieberverschlusses besteht in der Hauptsache darin, daß der übertägige Entladebunker sehr dicht an den Kübel herangeführt werden muß, damit ein Ausfließen des Fördergutes in den Schacht nach Möglichkeit vermieden wird. Beim Bodenentleerer ist also besonderer Wert darauf zu legen, daß der Verschluß zu gleicher Zeit als Überleitung für das Fördergut dient. Bei amerikanischen Ausführungen, Abb. 5, wird die Boden-

[1]) Vergl. Gaertner, „Glückauf“ Bd. 59 (1923) S. 133.
[2]) Die Kübelförderanlagen Ostfeld der Berginspektion II, Zaborze O.-S., und Grodziec der Polnischen Solvay-Werke (Zakłady Solvay w Polsce T. z. O. P., Grodziec), sind von der Firma B. Walter, Ges. für Ingenieurbau m. b. H., Gleiwitz, entworfen und gebaut worden.
[3]) Vergl. Herbst, „Glückauf“ Bd. 49 (1913) S. 1209.
[4]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1097; Uebbing, „Fördertechnik und Frachtverkehr“ Bd. 19 (1926) S. 169.
[5]) Vergl. Schütt, Z. Bd. 68 (1924) S. 665 u. f.

Abb. 3 und 4
In Bodenentleerer umgebautes Gestell
a ehemaliger Schalenzwischenboden

Abb. 5
Amerikanischer Bodenentleerer

öffnung durch eine schwenkbare Klappe verschlossen, deren Seitenbleche beim Auslauf des Fördergutes als Führung dienen. Die umgelegte Klappe überbrückt die Öffnung zwischen Kübel und Bunker, so daß von dem Kübelinhalt nichts in den Schacht fallen kann.

Der kippende Kübel hat gegenüber dem Bodenentleerer ein geringeres Eigengewicht; das Fördergut kann wesentlich weiter vom Schacht entfernt an den Bunker abgegeben werden. Der Kippkübel ist infolge des Fehlens von bewegbaren Klappen usw. ein betriebsicheres Fördermittel. Ein unbeabsichtigtes Entleeren des Kübels während der Fahrt im Schacht tritt nicht ein; Bedienungsmannschaft an der Entladestelle ist nicht notwendig. Beim Bodenentleerer dagegen besteht die Gefahr, daß der Verschluß der Entleervorrichtung, sofern nicht eine unbedingt zuverlässige Konstruktion verwendet wird, leicht undicht werden kann, das feine Gut in den Schacht rieseln läßt und dabei zu Störungen Anlaß gibt. Der Kippkübel hat wiederum den Nachteil, daß beim Kippvorgang über Tage eine ziemlich plötzlich einsetzende Verminderung des am Seil hängenden Kübelgewichtes eintritt. Dieser Vorgang ist an und für sich vorteilhaft für die Verzögerung, die am Ende der Fahrt einsetzen muß, dagegen aber von Nachteil beim Fahrtbeginn bei der Treibscheibenförderung infolge des größeren Unterschiedes in den Seilspannungen. Auch kann als Nachteil angesehen werden, daß der gekippte Kübelrumpf große Kräfte auf das Führungsgerüst überträgt und eine starke Gerüstkonstruktion bedingt. Dem Nachteil der Gewichtverminderung kann allerdings durch Verwendung eines entsprechend schweren Unterseiles begegnet werden. Als Vorteil des Bodenentleerers ist anzuführen, daß dieser während der Entleerung in den Spurlatten verbleibt, weniger dynamischen Einflüssen als der Kippkübel ausgesetzt ist und das Führungsgerüst weniger beeinflußt.

Auf dem Ostfeld der Berginspektion II, Zaborze, ist ein Kippkübel mit den Abmessungen $1,20 \times 1,34$ m² Querschnitt und 4,50 m Höhe, Abb. 6 bis 8, verwendet worden. Der Gehängerahmen besteht aus Flacheisen, an deren unterem Ende die Querträger zur Befestigung des Unterseiles angeordnet sind, während an ihrem oberen Teile der Gehängekopf befestigt ist. Das Innere des Kübels ist mit Holz ausgekleidet. Unterhalb der Führungsrollen befinden sich die Übertreibschienen, die dazu dienen, die Entleerungsstelle stoßlos zu überfahren. Der Gehängerahmen

1830
4620
1950
1200
1340

Abb. 6 bis 8
Walter-Kippkübel der Ostfeld-Kübelförderung

Abb. 9 bis 12
Kippvorgang des Walter-Kübels

wird durch Führungschuhe üblicher Art in den Spurlatten geführt. Die Verriegelung des Kübelrumpfes ist in sehr einfacher Weise dadurch gelöst, daß an den Seitenblechen des Kübels Führungschuhe befestigt sind, die um die Spurlatten greifen, aber den Gehängerahmen frei ausschwingen lassen. Beim Kippen, Abb. 9 bis 12, müssen diese Führungschuhe aus den Spurlatten herausgeführt werden; zu diesem Zwecke werden diese auf ein kurzes Stück unterbrochen.

Bei der Grodziec-Anlage werden gleichfalls Kippkübel, Abb. 13 bis 16, angewendet. Da in dem zur Verfügung stehenden eintrümigen Schacht nicht nur Fördergut, sondern auch Personen befördert werden, betragen die Abmessungen der Kübel 1,20 × 1,90 m² Querschnitt und 3,80 m Höhe. Für Seilfahrtzwecke befindet sich oberhalb des Kübels ein zweistöckiges Fördergestell für 18 Personen oder zwei Förderwagen. Um den bergbehördlichen Vorschriften zu genügen, hat das Gestell eine selbsttätige Fangvorrichtung. Die Verbindung von Gestell und Kübel stellt jedoch nur einen Notbehelf dar, bis die Seilfahrt in einem zweiten Schacht vorgenommen werden kann.

Verhältnis von Nutzlast Q zu Eigengewicht q der Anlage Ostfeld:

Nutzlast	5000 kg
Eigengewicht, bestehend aus Kübelrumpf mit Tragrahmen, Gehängekopf, Zwischengeschirr, Ober- und Unterseilanschluß	5100 kg
	$Q : q = 1 : 1{,}02$.

Das gleiche Verhältnis für die Anlage Grodziec:

Nutzlast	5000 kg
Eigengewicht, bestehend aus Kübelrumpf mit verlängertem Tragrahmen, Gehängekopf mit Fangvorrichtung, Ober- und Unterseilanschluß	5440 kg
	$Q : q = 1 : 1{,}09$.

Das zweistöckige Fördergestell hat ein Gewicht von 2050 kg. Unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen Last errechnet sich das Verhältnis von Nutzlast zu Totlast zu 5000 : (5440 + 2050) = 1 : 1,5.

Auf Grund dieser und im Schrifttum bekannt gewordener Gewichte für Förderkübel kann durch nachstehende Formeln das Gewicht für jede Kübelgröße bei Kohlen-, Erz- und Salzförderung mit einer für Vergleichrechnungen genügenden Genauigkeit ermittelt werden (Q und q in t)

Es ist für Kippkübel:

$$\left.\begin{aligned} q &= (3\sqrt{Q}-2)\ 1{,}1 \text{ bei Kohle} \\ q &= (2\sqrt{Q}-1)\ 1{,}1 \text{ bei Erz} \\ q &= (2{,}75\sqrt{Q}-1{,}75)\ 1{,}1 \text{ bei Salz} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (1),$$

Abb. 13 bis 16
Kippkübel und Fördergestell der Kübelförderanlage Grodziec

Zahlentafel 1. Das Verhältnis Nutzlast Q : Eigengewicht q bei Gestellen (dem Oberschles. Kohlenbergbau entnommen)

Stockwerk	Zahl der Wagen in einem Stockwerk	Wagengewicht kg	Gewicht des Gestells kg	Gewicht des Ober- und Unterseilanschlusses kg	Ges. Totgewicht q (Gestell + Wagen + Seilanschluß) kg	Nutzlast Q kg	$Q:q$
1	1	375	800 bis 1500	500 bis 600	1 675 bis 2 475	650	1 : 2,58 bis 1 : 3,81
1	2	750	1500 „ 2500	600 „ 700	2 850 „ 3 950	1300	1 : 2,19 „ 1 : 3,04
2	1	750	1800 „ 3000	650 „ 750	3 200 „ 4 500	1300	1 : 2,46 „ 1 : 3,46
2	2	1500	3000 „ 4500	1000 „ 1150	5 500 „ 7 150	2600	1 : 2,12 „ 1 : 2,75
3	2	2250	4000 „ 6500	1100 „ 1250	7 350 „ 9 000	3900	1 : 1,88 „ 1 : 2,31
4	1	1500	3500 „ 5000	1050 „ 1200	6 050 „ 7 700	2600	1 : 2,33 „ 1 : 2,96
4	2	3000	6000 „ 8500	1250 „ 1450	10 250 „ 12 950	5200	1 : 1,97 „ 1 : 2,49

für Bodenentleerer:

$$\left.\begin{array}{l} q = (3{,}2\sqrt{Q} - 2)\ 1{,}1 \text{ bei Kohle} \\ q = (2{,}15\sqrt{Q} - 1)\ 1{,}1 \text{ bei Erz} \\ q = (3\sqrt{Q} - 1{,}75)\ 1{,}1 \text{ bei Salz} \end{array}\right\} \quad \ldots \ldots \text{(1a).}$$

Die sich nach diesen Gleichungen ergebenden Eigengewichte zeigt Abb. 17. Das Eigengewicht für den Kübel nimmt nicht in dem Maße zu wie die Nutzlast steigt. Daraus folgt, daß der Anteil der Nutzlast an der am Förderseil hängenden Gesamtlast um so günstiger ist, je größer der Kübelinhalt ist. Betrachtet man demgegenüber die Gestellförderung, so findet man bei ihr für Kohlenförderung die in Zahlentafel 1 ermittelten Gewichtbeziehungen.

Ein Vergleich der in Zahlentafel 1 ermittelten Werte mit den in Abb. 17 auf graphischen Wegen ermittelten Kübelgewichten zeigt, daß der Kübel hinsichtlich des Gewichtes und damit natürlich auch der Beschaffungskosten gegenüber dem Gestell nicht unwesentlich im Vorteil ist.

Das günstige Verhältnis zwischen Nutzlast und Eigengewicht des Kübels wirkt sich auch in sehr vorteilhafter Weise auf das Förderseil aus. Trägt man z. B. für eine bestimmte Nutzlast die zugehörigen Werte für die Eigengewichte auf, wobei beim Gestell das Eigengewicht = Gestellgewicht + Wagengewicht + Seilanschluß ist, so erkennt man, daß die Gesamtbelastung des Förderseiles bei der Kübelförderung bedeutend geringer als beim Gestell wird. Da sich das Gewicht von 1 m Seil berechnen läßt aus der Gleichung:

$$s = \frac{Q + q}{K - H} \text{ kg/m (nach Herbst)} \ldots \ldots (2)$$

wobei ist

Q = Nutzlast (kg),
q = Eigengewicht (kg),
K = Traglänge des Seiles (m),
H = Förderweg (m),

und ferner

$$K = \frac{K_z}{n\, j\, 100} \ldots \ldots \ldots \ldots (3),$$

worin

K_z = Bruchfestigkeit (kg/cm²),
n = Bruchsicherheit,
j = 0,0095,

Abb. 17
Nutzlast und Eigengewicht bei Kippkübel und Bodenentleerer

so folgt, daß die Kübelförderung kleinere Seildurchmesser bedingt als die Gestellförderung. Dieser Vorteil läßt sich für die Ostfeld-Kübelförderanlage wie folgt berechnen:

a) Kübelförderung:

Kübelgewicht (einschl. Ober- und Unterseilanschluß)	kg	5 100
Nutzlast	„	5 000
Seilgewicht (400 m Länge von 7,25 kg/m)	„	2 900
Seillast	kg	13 000
Seildurchmesser (Dreikantlitzenseil)	mm	42
Bruchfestigkeit	kg/mm²	170
Bruchlast (nach Deichsel)	kg	129 700

Sicherheit: $\frac{129\,700}{13\,000}$ = rd. 10fach.

b) Gestellförderung:

Für eine Nutzlast von 5000 kg würde eine vierstöckige Förderschale mit zwei Wagen für jedes Stockwerk notwendig sein:

Schalengewicht (einschl. Ober- und Unterseilanschluß)	kg	8 500
acht Wagen (ein Wagen wiegt 375 kg)	„	3 000
Nutzlast	„	5 000
Seilgewicht (360 m Länge von 11,7 kg/m)	„	4 200
Seillast	kg	20 700
Seildurchmesser (Dreikantlitzenseil)	mm	53
Bruchfestigkeit	kg/mm²	170
Bruchlast (nach Deichsel)	kg	209 400

Sicherheit: $\frac{209\,400}{20\,700}$ = rd. 10fach.

Das Seilmindergewicht der Kübelförderung beträgt somit 3 (4200 — 2900) = 3900 kg.

Bei der Anlage in Grodziec liegen die Verhältnisse ganz ähnlich.

Die Fördermaschinenleistung hängt von der zu hebenden Nutzlast und der Beschleunigung der am Seil hängenden Massen ab. Da bei der Gestellförderung größere Massen zu beschleunigen sind als bei der Kübelförderung, kann man für die gleiche Nutzleistung bei der Kübelförderung eine kleinere Maschine verwenden; die Betriebskosten sind geringer als bei der Gestellförderung. Die Seiltrommeln der Maschine und die Seilscheiben auf dem Förderturm können beim Kübel wesentlich kleinere Durchmesser erhalten als beim Gestell, da die Trommeln und Scheiben hauptsächlich vom Seildurchmesser abhängig sind. Auch das Fördergerüst wird durch die geringere Seilbruchlast günstig beeinflußt.

Nach den an ausgeführten Anlagen mit Kübelförderern gesammelten Erfahrungen kann man Dampf- und elektrisch angetriebene Fördermaschinen benutzen. Die Ostfeld-Anlage hat z. B. eine Dampffördermaschine, während man auf der neuen Anlage der Polnischen Solvay-Werke, Grodziec, eine elektrische Fördermaschine eingebaut hat. Die Eigenart des Kübelförderbetriebes bedingt es, daß das Fahrdiagramm eine andere Form haben muß als bei der Gestellförderung und daß die genaue Einhaltung des Diagramms beim Fahren eine dringende Notwendigkeit ist, um Betriebstörungen zu vermeiden. Die Fahrgeschwindigkeit des Kippkübels muß beim Eintreten in die Kurve unbedingt soweit vermindert sein, wie sie für jeden Einzelfall vorher zahlenmäßig festgelegt ist. Für den Bodenentleerer gilt das gleiche, wenn die Verschlußklappe

Abb. 18
Fahrdiagramm der Kübelförderung bei der Ostfeld-Anlage

a	Anfahrbeschleunigung auf *b* p_b'	0,5	m/s²
b	Fahrgeschwindigkeit in der Kurve v_b	1	m/s
c	Beschleunigung auf *d* p_b'	0,85	m/s²
d	Höchste Fahrgeschwindigkeit *v*	18	m/s
e	Verzögerung auf Kurvenfahrt p_v	1,25	m/s²
f	„ von „ p_v'	0,5	m/s²

durch Rollen geöffnet oder geschlossen wird, die an den Seitenwänden der Klappe oder des Kübels angeordnet sind und in eine Kurvenbahn hineingeführt werden. Für die Ostfeld-Anlage ist das Fahrdiagramm, Abb. 18, festgelegt worden. Bei Einhaltung dieses Fahrdiagramms durchfahren die Kübel die Kurven ruhig. Für die Anlage Grodziec wurden folgende Werte angenommen:

Höchste Fahrgeschwindigkeit v	4 m/s
Fahrgeschwindigkeit in der Kurve v_b	0,5 „
Beschleunigung auf v p_b	0,85 m/s²
„ „ v_b p_b'	0,25 „
Verzögerung auf v_b p_v	0,85 „
„ „ null p_v'	0,25 „
Gesamtfahrweg H	170 m (1. Ausbau) 500 m (2. Ausbau)
Fahrweg in der Kurve s_b	7,50 m
Fahrzeit	76,1 s (1. Ausbau) 158,4 s (2. Ausbau).

Die Kübelfördermaschinen müssen mit den besten Sicherheits- und Regelvorrichtungen, insbesondere einem sicher wirkenden Bremsdruckregler ausgestattet sein, um nicht allein auf die Zuverlässigkeit des Maschinisten angewiesen zu sein. Die Ostfeld-Dampffördermaschine ist mit einem hochempfindlichen Bremsdruckregler und durch Servomotor gesteuertem Fahrventil (Bauart Iversen) ausgerüstet, während die elektrisch angetriebene Maschine in Grodziec eine Schnellschluß-Sicherheitsbremse (Bauart SSW) hat.

Die Höchstwerte für die Geschwindigkeit v_b, mit der die Kurven befahren werden, sind bei Dampfmaschinen 1 m/s, bei elektrischen Maschinen 1,25 m/s. Die Länge der zu durchfahrenden Kurvenstrecke beträgt je nach Kübel- oder Klappenkonstruktion etwa 3 bis 9 m.

Die Kurvenführung auf dem Ostfelde in Zaborze zeigt Abb. 19. Sie besteht aus den wagerechten und senkrechten geraden und dem dazwischen liegenden gebogenen Stück, das sehr sorgfältig konstruiert sein muß, um ein möglichst stoßfreies Durchfahren zu gewährleisten.

Für die Berechnung der Fahrzeit t_f kann unter Berücksichtigung der beim Durchfahren der Kurven zu beachtenden Geschwindigkeit v_b folgende Formel benutzt werden:

$$t_f = \frac{H - 2 s_b}{v} + \frac{2 s_b}{v_b} + \left(v_b - \frac{v_b^2}{2 v}\right) \frac{p_b' + p_v'}{p_b' \, p_v'} + \frac{(v - v_b)^2}{2 v} \frac{p_b + p_v}{p_b \, p_v} \quad (4).$$

Wird $p_b' = p_b$ und $p_v' = p_v$, so ist

$$t_f = \underbrace{\frac{H}{v} + \frac{v}{2} \frac{p_b + p_v}{p_b \, p_v}}_{\text{Fahrdiagramm bei der Gestellförderung}} + 2 s_b \frac{v - v_b}{v \, v_b} \quad \ldots \; (4a).$$

Die Förderpause t_p, d. h. die Zeit für das Füllen oder Entleeren des Kübels, beträgt nach amerikanischen Angaben, wenn Q_s das Gewicht bei Steinkohlenförderung bedeutet:

$$t_p = Q_s \text{ s/t} \quad \ldots \; (5).$$

Abb. 19
Ausbildung der Kurvenführung für die Kippkübelförderung Ostfeld

Die Versuche auf dem Ostfelde haben die Richtigkeit dieses Erfahrungswertes bestätigt. Die größte Förderleistung beträgt dort

$$\frac{3600}{58.2 + 5} \, 5 = \text{rd. } 280 \text{ t}.$$

Die Stundenleistung der Grodziec-Anlage beträgt

a) im ersten Ausbau:

$$\frac{3600}{76,1 + 5} \, 5 = \text{rd. } 220 \text{ t},$$

b) im zweiten Ausbau:

$$\frac{3600}{158,4 + 5} \, 5 = \text{rd. } 110 \text{ t}.$$

Gleichung (5) geht bei andern Fördergutarten über in

$$t_p = j \, Q_s \quad \ldots \; (5a).$$

Abb. 20
Schachtscheibe des Ostfeldes

Abb. 22 bis 26 Schematischer senkrechter Schnitt durch die Ostfeld-Kübelanlage

Abb. 27 bis 29 Senkrechter Schnitt durch die Grodziec-Anlage

wobei zu setzen ist

$j = 1$ bei Steinkohle
$= 1$ bis 1,2 bei Braunkohle
$= 0{,}9$ „ 1 „ Kali
$= 0{,}5$ „ 0,6 „ Erz.

Die stündliche Förderleistung ergibt sich somit aus der Gleichung

$$N = \frac{3600}{t_f + t_p} Q \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6).$$

Abb. 21 Schachtscheibe der Grodziec-Anlage

Wird für t_p der Wert $j\,Q$ eingesetzt, so ist

$$N = \frac{3600}{t_f + j\,Q} Q \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6a).$$

Das Gewicht des Kübelinhalts beträgt nach dieser Gleichung

$$Q = \frac{\frac{N}{3600}}{1 - j\,\frac{N}{3600}} t_f \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7).$$

Die Größe des Förderkübels hängt von dem im Schacht zur Verfügung stehenden Raum und der Förderleistung ab. Unter Zugrundelegung gleicher Nutzlasten nimmt der Kübel nur etwa halb so viel Schachtquerschnitt in Anspruch wie das Gestell. Eine leistungsfähige Kübelförderung kann daher in einem Schachtabschnitt untergebracht

Abb. 30 und 31
Aufbau der Meßtrommel, Bauart Walter

werden, der zur Aufnahme einer Gestellförderung mit einer noch nennenswerten Leistung nicht mehr in Frage kommt. Abb. 20 zeigt die Kübelförderanlage Ostfeld der Königin-Luise-Grube, Zaborze, mit 280 t/h Leistung, die in einem verhältnismäßig kleinen Abschnitt neben der schon vorhandenen Gestellförderanlage untergebracht worden ist. Der vorhandene Raum würde nur den Einbau einer Schalenförderung von etwa 90 t/h Leistung gestattet haben.

Ein neuer Schacht kann beim Einbau einer Kübelförderung mit großer Leistung einen erheblich kleineren Durchmesser erhalten, als dies bei einer Gestellförderanlage für die gleiche Fördermenge möglich wäre. Ein Beispiel hierfür bildet die neue Grodziec-Anlage, Abb. 21.

Abb. 22 bis 26 zeigen einen senkrechten Schnitt der Ostfeld-Anlage und Abb. 27 bis 29 einen solchen der Grodziec-Anlage. In beiden Fällen ist über Tage am Schachtgerüst ein Entleerbunker für rd. 25 und 50 t Kohlen eingebaut worden. Vom Bunker wird das durch den sich selbsttätig entleerenden Kübel dorthin gebrachte Fördergut durch einen Aufgabeschuh auf ein Förderband aufgegeben und der Sieberei oder auch unmittelbar den Eisenbahnwagen zugeführt.

Unter Tage hat die Anlage Ostfeld einen 250 t-Stapelbunker. Weitere Bunker von gleicher Größe können parallel dazu angelegt werden. In Grodziec sind zwei, unter einem spitzen Winkel zu einander stehende, je 300 t fassende Bunker angeordnet. Von den Stapelbunkern wird das Fördergut in eine Fülltasche und von dieser durch eine Meßtrommel, Bauart Walter, Abb. 30 bis 32, oder auch eine andere geeignete Einrichtung in genau abgemessenen Mengen dem Kübel zugeführt. Die Kübel können mechanisch oder auch vollständig selbsttätig gefüllt werden; in jedem Fall ist nur ein Mann zur Bedienung erforderlich.

Abb. 32
Meßtrommel, Bauart Walter, Ansicht

Das Fördergut führt man dem untertägigen Bunker durch einen Wipper zu, der einen oder auch mehrere Wagen gleichzeitig aufnehmen kann. Auf dem Ostfeld und in Grodziec verwendet man selbsttätig arbeitende Wipper, um mit dem geringsten Aufwand von Bedienungsmannschaften auszukommen. In Grodziec werden die Wagen beim Durchlaufen des Wippers nicht vom Zuge entkuppelt; sie haben drehbare Zugstangen.

Die untertägige Bunkeranlage muß den Gebirgsverhältnissen und den im Einzelfall gestellten Anforderungen hinsichtlich Größe, Form usw. angepaßt werden. Ein Bunker für 100 t und mehr bietet bei richtiger Ausnutzung den großen Vorteil, daß vorübergehende untertägige Betriebstörungen auf die Schachtförderung und die Aufbereitungsanlage und umgekehrt Maschinenbetriebstörungen auf den Untertagebetrieb keinen störenden Einfluß ausüben können. Der Schachtförderbetrieb kann während der ganzen Schicht gleichmäßig durchgeführt werden; denn der Bunker bildet einen Ausgleich zwischen dem schwachen Betrieb bei Beginn und am Ende der Schicht und dem ungleich stärkeren Betrieb in der übrigen Zeit. Wenn zwei oder mehrere Bunker unter Tage eingebaut sind, kann man auch mehrere Sorten Kohle, Erz oder Salz stapeln und fördern. Es besteht auch die Möglichkeit, schon unter Tage Klassierungen des Fördergutes vorzunehmen.

Ein sehr wesentlicher Vorteil der Kübelförderung besteht weiterhin darin, daß die Förderwagen nicht den Weg nach Übertage zurücklegen müssen, daß die Wagenzahl kleiner gehalten werden kann, daß die Wagen mehr geschont und auch besser ausgenutzt werden. Die umfangreichen Gleisanlagen in der Schachtkaue und der Aufbereitungsanlage sowie die die Wagen besonders stark in Anspruch nehmenden Aufstoßvorrichtungen, Kettenbahnen usw. kommen in Fortfall, die Schachtkaue kann man wesentlich kleiner bemessen und die Verladegleise näher an den Schacht heranrücken. Die Kübelförderung erfordert auch wesentlich weniger Bedienungsmannschaft, mindestens 30 vH, als die Gestellförderung. Auf dem Ostfelde wird diese Zahl noch überschritten.

Da die Förderwagen dauernd unter Tage verbleiben, kann deren Größe frei gewählt werden. Bei großen Förderleistungen sollte man Großraumwagen (Selbstentlader) im Streckenbetrieb verwenden.

Die von mancher Seite befürchtete Staubbildung beim Einfüllen und Entleeren des Kübels hat bei der Ostfeld-Anlage (Steinkohlenförderung) keine nachteiligen Erscheinungen gezeigt; die geplante Staubsauganlage ist nicht aufgestellt worden.

Als hauptsächlichster Grund für die zögernde Einführung der Kübelförderung im deutschen Kohlenbergbau wird geltend gemacht, daß eine zu starke Zerkleinerung des Fördergutes eintritt und daß dadurch alle Vorteile dieser Förderart gegenstandlos werden. Hierauf ist einzuwenden, daß es auf Grund der gesammelten Erfahrungen heute möglich ist, eine Kübelförderanlage so zu bauen, daß eine etwaige Mehrzerkleinerung der Kohle keinen wesentlichen Einfluß auf die wirtschaftlichen Vorteile der Kübelförderung ausübt. Der untertägige Bunker, die Aufgabe- und Fülleinrichtung, der Kübel und alle sonstigen Teile müssen so beschaffen sein, daß die Kohle nur Rutschbewegungen ausführt.

Als weiterer Nachteil wird wohl auch angeführt, daß ein Kübelförderschacht nicht auch als Seilfahrtschacht und für Betriebstoffe und -geräte benutzt werden kann. Im allgemeinen hat jede Bergwerksanlage zwei Förderschächte, und es ist ohne weiteres möglich, den einen Schacht für die Seilfahrt und das Materialeinhängen und den andern nur zur ausschließlichen Benutzung für die Förderung zu verwenden. Bei Doppelförderschächten kann das eine Trum für den Kübel und das zweite für alle sonstigen Zwecke verwendet werden. Falls bei einer Neuanlage zunächst nur ein eintrümiger Schacht angelegt ist, wie in Grodziec kann an den Kübel ein Seilfahrtgestell gehängt werden. [B 59]

Die Staurandversuche von Spitzglaß, verglichen mit deutschen Messungen[1)]

Von Dipl.-Berging. L. Dorgerloh †, Freiberg in Sachsen[2)]

Hinweis auf die in Deutschland noch wenig bekannten Versuche von M. J. Spitzglaß, die im Institut für Mengenmessungen in Chikago zur Bestimmung der Staurandbeiwerte ausgeführt worden sind — Mitteilung der wesentlichen Ergebnisse dieser Versuche — Vergleich der Durchflußziffern und Einschnürziffern von Spitzglaß mit den entsprechenden deutschen Forschungsergebnissen — Betrachtungen über die Abhängigkeit der Staurandbeiwerte vom Rohrdurchmesser — Empirische Formeln zur Berechnung der Staurandbeiwerte — Ergebnis der Gegenüberstellung — Deutsche Normen für den Staurand

Spitzglaß[3)] hat bei seinen Versuchen das Öffnungsverhältnis, die Rohrweite und die Lage der Druckmeßstellen auf jeder Seite des Staurandes geändert und die hierdurch hervorgerufenen Unterschiede der Staurandbeiwerte bestimmt.

Untersucht wurden sieben Rohre von 2 bis 12 Zoll (50,8 bis 305 mm) l. W. an 12 Meßstellen auf jeder Seite des Staurandes und 14 Öffnungsverhältnisse für jede Rohrweite. Die Untersuchungen wurden mit strömender Luft ausgeführt, die ein Sturtevant-Gebläse von 170 m³/min Höchstleistung bei 254 mm (10 Zoll) W.-S. erzeugte. Die durch den Staurand hindurchströmende Luft wurde durch fünf geeichte „Stoßdruckmesser"[4)] bestimmt, Abb. 1, deren Düsenöffnung zwischen 1″ und 4″ (25,4 bis 101,5 mm) lag.

Abb. 1 Stoßdruckmesser nach Spitzglaß.

Rechnerische Beziehungen

Folgende Bezeichnungen sind gewählt worden, s. a. Abb. 2:

d Durchmesser der Mündung im Staurand [m]

D Rohrdurchmesser [m]

$F = \frac{\pi D^2}{4}$ Rohrquerschnitt [m²]

$f_0 = \frac{\pi d^2}{4}$ Staurandquerschnitt [m²]

f_e kleinster Strahlquerschnitt [m²]

$m = \frac{f_0}{F} = \frac{d^2}{D^2}$ Querschnitt- oder Öffnungsverhältnis

μ Verhältnis des kleinsten Strahlquerschnittes zum Mündungsquerschnitt = Einschnürziffer

μ_m Verhältnis des kleinsten Strahlquerschnittes zum Rohrquerschnitt

$A_1, A_2, \cdots$ Meßstellen vor dem Staurand

a Abstand der vorderen Meßstelle A von der Staurandebene [m]

$B_1, B_2, \cdots$ Meßstellen hinter dem Staurand

b Abstand der hinteren Meßstelle B von der Staurandebene [m]

h wirksame Druckhöhe des Strömungsmittels [m]

h_1 statische Druckhöhe im Querschnitt der normalen Strömung vor dem Staurand [m]

h_2 statische Druckhöhe im Querschnitt der normalen Strömung hinter dem Staurande [m]

h_e statische Druckhöhe im engsten Strahlquerschnitt [m]

Δh Druckunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten auf entgegengesetzten Seiten des Staurandes [m]

$\Delta h_1 = h_1 - h_e = \frac{w_e^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g}$ [m]

$\Delta h_2 = h_1 - h_2$ [m]

$Z = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1}$

p_0, p_1, p_2, p_e statischer Druck (die Zeiger gelten entsprechend wie für Geschwindigkeiten) [kg/m²]

Δp Druckunterschied zwischen zwei beliebigen Punkten vor und hinter dem Staurande [kg/m²]

Abb. 2

Staurand mit $m = \frac{f_0}{F} = 0{,}5$ Öffnungsverhältnis in einem 12zölligen Rohr. Strahlzusammenziehung und Druckabfall.

[1)] Diese Abhandlung ist ein Auszug aus einer größeren Arbeit des Verfassers. Wegen der notwendigen Beschränkung des Umfanges mußte auf die Wiedergabe der Zahlentafeln verzichtet werden.

[2)] Kurz vor Drucklegung dieses Aufsatzes starb unerwartet der Verfasser. Nach den vorhandenen Unterlagen meines Bruders habe ich dann diese Veröffentlichung vorgenommen. Herrn Professor Dr. Fritzsche an der Bergakademie in Freiberg i. S. danke ich für die mir dabei erwiesene freundliche Unterstützung.
Dipl.-Ing. Erhart Dorgerloh, Dresden-Blasewitz.

[3)] Vergl. M. J. Spitzglaß, Orifice Coefficients — Data and Results of Tests, Mech. Eng. Bd. 45 (1923) S. 342.

[4)] Mit „Stoßdruckmesser" wurde auf Vorschlag von Prof. Dr. Fritzsche die von Spitzglaß in seinem Berichte mit „impact tube" bezeichnete und in Abb. 1 dargestellte Meßeinrichtung übersetzt. Sie diente bei den Versuchen von Spitzglaß für Vergleichsmessungen und ist nach einer von S. A. Moss, in dessen Abhandlung „Velocity measured by Impact Tube", Iron Trade Review 1918 S. 777, angegebenen Form gebaut. Dieser Stoßdruckmesser besteht im wesentlichen aus einer am Ende eines Rohres angesetzten Düse, vor der mit Hilfe eines dem aus der Düse ausströmenden Luftstrahl entgegengerichteten Hakenrohres der Gesamtdruck des Luftstromes gemessen wird. Die Düse dient nur zur Führung des Luftstrahles. Mit der Gesamtdruckmessung steht eine statische Druckmeßvorrichtung in der Wandung des Rohres in Verbindung, so daß sich der gewünschte dynamische Druck ermitteln läßt.

$w_0 = \mu w_e$ Geschwindigkeit im Staurandquerschnitt [m/s]

w_1 Geschwindigkeit im Querschnitt 1 bis 2 D vor dem Staurand [m/s]

w_2 Geschwindigkeit im Querschnitt 4 bis 5 D hinter dem Staurand [m/s]

w_e mittlere Geschwindigkeit des Stromes im engsten Strahlquerschnitt [m/s]

V Flüssigkeitsmenge, die durch den Staurand in einer gegebenen Zeiteinheit hindurchströmt [m³/s]

G Gewicht des durchfließenden Strömungsmittels [kg/s]

γ Raumgewicht (Wichte) des Strömungsmittels im Betriebzustand [kg/m³]

C Durchflußbeiwert, gegeben mit

$$V = C \frac{\pi}{4} \frac{d^2}{\sqrt{1-m^2}} \sqrt{2 g \Delta h} = C \frac{\pi}{4} \frac{D^2}{\sqrt{\frac{1}{m^2} - 1}} \sqrt{2 g \Delta h} \qquad (1)$$

ξ Geschwindigkeitsbeiwert des Staurandes, gegeben mit

$$w_1 = \xi \sqrt{2 g \Delta h} \qquad (2a)$$

und

$$\xi = f(a) f(b) \sqrt{\frac{1}{1 - \mu^2 m^2}} \qquad (2b)$$

$\mu \xi = a$ Durchflußziffer, bezogen auf den Staurandquerschnitt, gegeben mit

$$V = a \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 g \Delta h} \qquad (3)$$

C' Durchflußziffer, bezogen auf den Rohrquerschnitt, gegeben mit

$$V = C' \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2 g \Delta h} \text{ oder } C' = a m \qquad (4).$$

Der Zeiger 1 ist den angegebenen Bezeichnungen dann beizufügen, wenn bei gewöhnlicher Strömung die Drücke im Abstand a vor der Staurandebene und im engsten Querschnitt (Abstand b_5) gemessen werden. Der Zeiger 2 ist in den anderen Fällen zu benutzen.

Die Größe C in Gl. (1) ist der Durchflußbeiwert für den Staurand, ihr entspricht der Durchflußbeiwert der Venturidüse. Wenn nach der Größe des Staurandes bei gegebenem Druckunterschied und gegebener Luftmenge gefragt ist, wendet man eine hinsichtlich des Rohrquerschnittes abgeänderte Form der Gl. (3) an. Sie lautet mit $d^2 = D^2 m$

$$V = a m \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2 g \Delta h}$$

oder

$$V = C' \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2 g \Delta h}$$

und ist in Verbindung mit einer C'-m-Kurve zu benutzen.

Die Drücke h_1, h_e und h_2 an den drei wichtigsten Querschnitten des Staurandgebietes sind deshalb von Bedeutung, weil sie die Beziehung zwischen dem der Geschwindigkeitszunahme entsprechenden Druckgefälle Δh_1 und dem durch die plötzliche Einschnürung und Wiederausdehnung des Stromes verursachten Druckverlust Δh_2 anzeigen. Nach Gl. (1) ist

$$C_2 \sqrt{\Delta h_2} = C_1 \sqrt{\Delta h_1},$$

daraus folgt

$$Z = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} = \left(\frac{C_1}{C_2}\right)^2 \qquad (5)$$

und

$$1 - Z = 1 - \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} = 1 - \left(\frac{C_1}{C_2}\right)^2.$$

Weiterhin sollen die wichtigsten der für die Mengenmessung mit Staurand in Frage kommenden Formeln kurz zusammengestellt werden. Auf die Energieänderung durch Ausdehnung oder Verdichtung des strömenden Stoffes soll nicht eingegangen werden. Die einschlägigen Gleichungen sind ausführlich von Schüle[5]) und Litinsky[6]) entwickelt und in den Mitteilungen der Wärmestelle Düsseldorf Nr. 40 und 76 angegeben. In vielen Fällen können für Wasser-, Gas-, Luft- und Dampfmessungen diese Änderungen vernachlässigt oder durch Mittelwertbildung berücksichtigt werden. Das Raumgewicht kann dann als unveränderlich angesehen werden.

Nach dem Gesetz der Erhaltung der Energie ist die Abnahme der Spannungsenergie gleich der Zunahme der Geschwindigkeitsenergie:

$$\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_e}{\gamma} = \frac{w_e^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} \qquad (6)$$

oder

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{p_e}{\gamma} + \frac{w_e^2}{2g} = \text{konst.} \qquad (6a)$$

hierin ist

$$\frac{p_e}{\gamma} = h_s \text{ [m W.-S.]}$$

die Druckenergie oder die statische Druckhöhe, und

$$\frac{w_e^2}{2g} = h_d \text{ [m W.-S.]}$$

die Geschwindigkeitsenergie oder die dynamische Druckhöhe. Die Summe beider ergibt die Gesamtdruckhöhe

$$h_s + h_d = h_g \text{ [m W.-S.]} \qquad (7)$$

oder

$$p_s + p_d = p_g = \text{konst.}$$

Die durchströmende Menge V ist

$$V = F w_1 = F w_2 = f_0 w_0 = f_e w_e$$

$$w_0 = w_e \frac{f_e}{f_0} = \mu w_e \qquad (8)$$

Hieraus ergibt sich:

$$w_1 = w_2 = m \mu w_e.$$

Durch Einführung von w_1 in Gl. (6) läßt sich w_e berechnen:

$$w_e = \frac{1}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}} \sqrt{2 g \frac{p_1 - p_e}{\gamma}} \qquad (9)$$

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}} = \xi_1 \qquad (9a)$$

ist der Geschwindigkeitsbeiwert.

Betrachtet man die Verhältnisse im Querschnitt 2 (4 bis 5 D hinter dem Staurande) im Vergleich zu denen im Querschnitt 1 (1 bis 2 D vor dem Staurande), so ist bei 2 die Gesamtenergie kleiner als bei 1; denn infolge des Übergangs von hoher Geschwindigkeit zu geringerer tritt ein Stoßverlust ein. Nach Carnot[7]) ist der Wert dieses Verlustes:

$$\frac{(w_e - w_2)^2}{2g} \text{ (Carnotscher Stoßverlust).}$$

Es gilt demnach für diese Stelle, der Gl. (6a) entsprechend:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{w_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{(w_e - w_2)^2}{2g} \qquad (10)$$

Aus Gl. (10) ergibt sich die Geschwindigkeit w_e zu

$$w_e = \frac{1}{1 - \mu m} \sqrt{2 g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}} \qquad (11)$$

darin ist wiederum

$$\frac{1}{1 - \mu m} = \xi_2 \qquad (11a)$$

der Geschwindigkeitsbeiwert.

Die Durchflußmenge V ist nach Gl. (8)

$$V = f_0 \mu w_e.$$

Für w_e die Werte aus Gl. (9) und (11) eingesetzt, gibt:

$$V = f_0 \frac{\mu}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}} \sqrt{2 g \frac{p_1 - p_e}{\gamma}} \qquad (12)$$

und

$$V = f_0 \frac{\mu}{1 - \mu m} \sqrt{2 g \frac{p_1 - p_2}{\gamma}} \qquad (13)$$

[5]) Vergl. Schüle, Techn. Thermodynamik, 4. Aufl. (1923) Bd. 1 S. 207.
[6]) Vergl. Litinsky, Messungen großer Gasmengen (1922) S. 154 u. f.

[7]) Vergl. Föppl, Technische Mechanik, Bd. 6 S. 465.

hierin sind die Ausdrücke:

$$\alpha_1 = \mu\,\xi_1 = \frac{\mu}{\sqrt{1-\mu^2 m^2}} \quad \ldots\ldots \quad (14a)$$

und

$$\alpha_2 = \mu\,\xi_2 = \frac{\mu}{1-\mu m} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14b)$$

die Durchflußziffern für die Druckentnahmestellen vor dem Staurande und am engsten Strahlquerschnitt oder vor dem Staurande und am Punkte des Druckrückgewinnes. Sie entsprechen völlig den Werten von Spitzglaß. Alle weiteren von Spitzglaß noch angeführten Formeln und Beiwerte sind nur Erweiterungen von Gl. (12) und (13) und lassen sich auf diese leicht zurückführen.

Für Gl. (12) und (13) gilt allgemein:

$$V = \alpha\,\frac{\pi}{4}\,d^2 \sqrt{2\,g\,\frac{\Delta p}{\gamma}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15a)$$

oder, da $\frac{d^2}{D^2} = m$ ist,

$$V = \alpha\,m\,\frac{\pi}{4}\,D^2 \sqrt{2\,g\,\frac{\Delta p}{\gamma}} \quad \ldots\ldots \quad (15b).$$

Gl. (9) und Gl. (11) gleichgesetzt, ergeben:

$$\xi_1 \sqrt{2\,g\,\Delta h_1} = \xi_2 \sqrt{2\,g\,\Delta h_2}\,;$$

dabei ist

$$\Delta h_1 = \frac{p_1 - p_e}{\gamma} \quad \text{und} \quad \Delta h_2 = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

gesetzt. Daraus ergibt sich analog der Gl. (5)

$$\left(\frac{\xi_1}{\xi_2}\right)^2 = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

(Δh_2 = theoretischer Druckverlust)

als Druckverlust im Verhältnis zum Druckabfall am Staurande bis zum engsten Querschnitt.

Der praktisch erzielte Druckrückgewinn

$$1 - \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} = 1 - Z$$

ist nach Spitzglaß im Vergleich zu den Regeln für Leistungsversuche[8]) und Mitteilungen der Wärmestelle Düsseldorf[9]) fast gleich groß.

Spitzglaß gibt als allgemeine Gleichung für den Geschwindigkeitsbeiwert ξ die Gl. (2b) an.

Bleibt die Meßstelle A vor dem Staurande unverändert, so fällt für den Wert von ξ der Einfluß von A weg. Für die Druckentnahmestelle B_5 am engsten Strahlquerschnitt wird, $f(b) = 1$ gesetzt,

$$\xi = \xi_1 = \frac{1}{\sqrt{1-\mu^2 m^2}}.$$

Für die Druckentnahme am Punkte des Druckrückgewinnes 2 geht ξ über in

$$\xi_2 = \frac{1}{1-\mu m}.$$

Durch Teilen der beiden letzten Gleichungen erhält man:

$$\frac{\xi_2}{\xi_1} = \frac{\sqrt{1-\mu^2 m^2}}{1-\mu m} \quad \text{oder} \quad \xi_2 = \xi_1 \sqrt{\frac{1+\mu m}{1-\mu m}} \quad \ldots \quad (17),$$

d. h. der Einfluß des Abstandes b erreicht mit

$$f(b) = \sqrt{\frac{1+\mu m}{1-\mu m}}$$

seinen Höchstwert.

Der Geschwindigkeitsbeiwert ξ ist nach Gl. (16) für jede Meßstelle der Wurzel aus dem Druckunterschied an der betreffenden Stelle umgekehrt verhältnisgleich. Die ξ-Kurve muß demnach ähnlich wie die Druckkurve verlaufen. Sie wächst von ihrem Kleinstwert am engsten Querschnitt bis zum Höchstwert am Punkte des Druckrückgewinnes bei 4½ bis 5 D hinter dem Staurande. Einen gleichen Verlauf müssen die Werte für α in Abhängigkeit von b haben. Für die einzelnen Öffnungsverhältnisse sind diese nach Spitzglaß in Abb. 3 bis 5 für 6″- (150 mm-) Rohre wiedergegeben.

Hieraus folgt, daß für Druckunterschiedmessungen an andern Stellen als bei 1 bis 2 D vor dem Staurand und am engsten Querschnitt oder am Punkte des Druckrückgewinnes hinter dem Staurande die allgemeine Beziehung nach Gl. (15a) gelten kann. Darin bedeutet α die Durchflußziffer für Δp. Aus ihr läßt sich keinesfalls nach Gl. (14a) oder (14b) die Einschnürziffer μ für den engsten Strahlquerschnitt, sondern nur die für den der Meßstelle entsprechenden Strahlquerschnitt berechnen.

Da Spitzglaß in seinen Untersuchungen die Beiwerte α_1 und α_2 aus seinen Versuchsergebnissen unabhängig voneinander bestimmt hat, und die gefundenen Werte Gl. (14a) und (14b) erfüllen, so ist als wertvolles Ergebnis hervorzuheben, daß dies ein neuer Beweis für die Gültigkeit des Gesetzes von Carnot für den Stoßverlust beim Übergang von hoher zu niedriger Geschwindigkeit ist.

Kennzeichnende Kurven der Stauränder

Für die abgerundeten Werte des Öffnungsverhältnisses $m = \frac{f_0}{F}$ sind in Abb. 3 bis 5 die α-Werte über den Abständen a und b in Hundertteilen von D für das Rohr von 152 mm Dmr. (6″) aufgezeichnet worden.

In den Originalkurven, denen die in Abb. 3 bis 5 dargestellten Mittelwertkurven ähnlich sind, ist jedes Öffnungsverhältnis m durch eine Gruppe von Linien dargestellt, die die Versuchspunkte der verschiedenen Geschwindigkeiten für ein gegebenes Öffnungsverhältnis verbinden. Die Punkte des Höchst- und Tiefstwertes sind in Abb. 6 in Abhängigkeit vom Öffnungsverhältnis für die verschiedenen Rohrweiten eingezeichnet, die untere Kurvenschar gilt für α_1 — hintere Druckmeßstelle am engsten Querschnitt — und die obere Schar für α_2 — hintere Druckmeßstelle 4½ Rohrdurchmesser vom Staurande entfernt.

Abb. 3 bis 5 zeigen deutlich den Einfluß der Lage der Druckmeßanschlüsse, insbesondere zeigt Abb. 4, daß eine geringe Verlegung der Druckentnahmestelle den Wert der Durchflußziffern ändern würde. Um also große Fehler bei der praktischen Anwendung von Staurändern auszuschalten, hat man solche Meßpunkte zu wählen, bei denen eine geringe Änderung der Lage des Meßanschlusses die Durchflußziffern nicht merklich beeinflußt. Diese Bedingung ist an den tiefsten und den höchsten Punkten erfüllt, da hier die Kurven flach sind.

Abb. 3 und 5 können in ähnlicher Weise benutzt werden, um die geeigneten Punkte zu wählen, an denen die vorderen Druckentnahmestutzen anzubringen sind. So sollten, da die geraden Teile der Kurve zwischen den Punkten A_6 (0,75 D) und A_9 (2 D) verlaufen, die vorderen Druckentnahmestellen zwischen diesen Punkten angebracht werden.

Die Kurven in Abb. 6 und 7 erfüllen diese beiden für die Praxis ausgewählten Bedingungen gut, d. h. die vorderen Meßstellen liegen immer zwischen 0,75 und 2 D, und die hinteren Meßstellen am engsten Querschnitt oder 4½ D hinter dem Staurande. In Abb. 7 sind die Werte α, ξ, μ und C abhängig vom Öffnungsverhältnis, und der Druckwiedergewinn im Rohr in Hundertteilen dargestellt.

Die Wahl der vorderen und hinteren Abstände, wie sie allgemein für die Praxis empfohlen wurde, darf aber nicht als eine Beschränkung auf diese wenigen Druckmeßstellen beim Gebrauch des Staurandes betrachtet werden. Bei sehr sorgfältiger Anbringung der Druckmeßstutzen kann der Beiwert, der dem wirklichen Abstande entspricht, leicht und genau aus der kennzeichnenden Kurve für die gegebene Rohrweite entnommen werden.

Die Durchflußziffer C' ermöglicht eine sehr einfache Staurandberechnung, da sie sich unmittelbar auf den bekannten Rohrquerschnitt bezieht. Dementsprechend gibt Abb. 8 die Werte von C_1' und C_2' in Abhängigkeit vom Öffnungsverhältnis wieder. Um die Notwendigkeit zu umgehen, die Kurven für jede Rohrweite wiederholen zu müssen, wurden nur die für das Rohr von 6″ = 152 mm Dmr. gezeichnet und Hilfskurven beigefügt, die die Umrechnungswerte für die C_1'- und C_2'-Werte anderer Rohrweiten angeben. Abb. 9 zeigt, wie weit die Druckmeßstellen im engsten Strahlquerschnitt verschoben werden dürfen, wenn sich α, ξ, μ und C nicht mehr als ± 0,25 vH ändern sollen.

Als Meßgerät für strömende Flüssigkeiten in Rohrleitungen hat der Staurand eine verhältnismäßig gute

---

[8]) Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren 1925 S. 15. Auch Wünsch, Gasmengenmessungen in Industriebetrieben, Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 4 (1923) S. 61.

[9]) Mitteilungen der Wärmestelle Düsseldorf Nr. 76 (Ausg. 1).

Abb. 3 (links)
Vordere Druckmeßstellen in $A_1, \ldots, A_n$, hintere im engsten Querschnitt. Die Zahlenwerte für α sind unter der Annahme ermittelt, daß bei einem Staurand mit $m = \frac{f_0}{F} = 0{,}1$ und $D = 152$ mm der Wert $\alpha = 0{,}61$ ist.

Genauigkeit von ± 2 vH. Bei sorgfältiger Wahl des Ortes für den Staurand, der Entfernung der Druckmeßanschlüsse und genauer Zentrierung[10]) des Staurandes zwischen den Bordflanschen in dem Rohr, Abb. 10, wird die Fehlermöglichkeit auf ± 1 vH herabgesetzt.

Der aus dem Staurand austretende Strahl zieht sich bei kleiner Rohrweite nicht in demselben Maße wie bei großer zusammen. Das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß der Teil des Stromes, der durch den Staurand zur Einschnürung gezwungen wird, eine verhält-

[10]) Um die Stauränder genau zentrieren zu können, wurde die in Abb. 10 dargestellte Form gewählt. Die zwei Griffe an dem Staurand sind um 90° gegeneinander versetzt und tragen Marken, die zum Einrichten des Staurandes dienen.

Abb. 4
Vordere Druckmeßstelle bei A_6 bis A_9. Hintere Druckmeßstellen bei $B_1, \ldots, B_n$.

Linker Maßstab gilt für $\alpha = 0{,}61$ bei $m = 0{,}1$,
rechter „ „ „ „ = 1 „ „ = „

Abb. 5
Abstände der vorderen Druckmeßstellen in Hundertteilen des Rohrdurchmessers. Hintere Druckmeßstelle bei B_{12}.

Abb. 3 bis 5

Durchflußziffer α nach Spitzglaß für verschiedene Öffnungsverhältnisse $\frac{f_0}{F}$ und verschiedene Abstände a und b vom Staurand, gemessen in Hundertteilen des Rohrdurchmessers

Abb. 6
Durchflußziffern für verschiedene Öffnungsverhältnisse und Rohrweiten

Abb. 7
Durchflußziffern α, Geschwindigkeitsbeiwert ξ, Durchflußbeiwerte C und Einschnürungsbeiwert μ in Abhängigkeit vom Querschnittverhältnis m für ein Rohr von 152 mm l. W.

nismäßig geringere Geschwindigkeit hat, eine Folge der größeren Wandreibung in kleineren Rohren.

Eine Änderung des dynamischen Druckes auf den dreifachen Wert beeinflußt die C-Werte nicht. Die Reibung ist hiernach von untergeordneter Bedeutung, jedoch ist es zweckmäßig, sehr dünnes Blech für Stauränder zu benutzen, um die Reibung an der Bohrung auszuschalten. Wenn der Werkstoff dicker sein muß, ist es ratsam, die Bohrung an der stromabwärts gerichteten Kante abzuschrägen. Der Wiedergewinn an Druckhöhe steigt sehr schnell mit Zunahme des Öffnungsverhältnisses m; die größeren Öffnungsverhältnisse sind daher in den Fällen vorzuziehen, wo der Druckverlust eine wichtige Rolle spielt.

Abb. 8. Durchflußziffern C' für das Rohr von 152 mm l. W. und Umrechnungswerte für andere Rohrweiten

Abb. 9
Veränderungsmöglichkeit der Meßstelle am engsten Querschnitt in Hundertteilen des Rohrdurchmessers D

a Lage des engsten Querschnittes
b größtmögliche Entfernung der Meßstelle
c geringste Entfernung der Meßstelle
} gemessen vom Staurand

RZ1600Z10

Abb. 10
Die von Spitzglaß gewählte Staurandform mit Vorrichtung zum genauen Zentrieren

Soweit der Bericht von Spitzglaß. In der anschließenden Erörterung[11]) schreibt u. a. E. G. Bailey, daß er die gefundenen Beiwerte im ganzen für zu hoch hält. Auch glaubt er, daß der Bericht mehr Unterschiede in den Beiwerten für die verschiedenen Rohrweiten zeigt, als tatsächlich vorhanden sind. Druckmeßstellen lieber weiter stromabwärts als am engsten Querschnitt zur Strommessung zu benutzen, ist nach Hodgsons Untersuchungen nur für grob angenäherte Messungen geeignet (wenn der Staurand nicht in seiner eigenen Rohrstrecke geeicht worden ist), da Änderungen der Rauheit und für den Fall großer Öffnungsverhältnisse der Durchmesser des Rohres sehr bedeutende Änderungen des Staurandbeiwertes verursachen. Aus vielen Gründen ist der zuverlässigste Ort für die Druckmeßstellen die Staurandebene, wie Hodgson in seiner Abhandlung gezeigt hat. Er bedauert, daß Spitzglaß den Druck nicht an dieser Stelle gemessen hat.

Die Erörterung beschließend, sagt Spitzglaß zu einer Frage von Hogg, ob der Beiwert $\alpha = 0{,}61$ für die 10 vH-Mündung in einem 12zölligen Rohre für Wasser und Dampf eben so gut wie für Luft anwendbar sei, die in dem Bericht der Meßingenieure gegebenen rechnerischen Untersuchungen zeigten, daß C_1 und C_2 von der kinematischen Zähigkeit der Flüssigkeit abhingen, aber von allen zu Gebote stehenden Untersuchungsergebnissen Wasser, Dampf und die gewöhnlichen Gase keinen Unterschied im Staurandbeiwert aufwiesen.

Auf eine Frage von Hendrickson, ob die Rauheit des Rohres den Beiwert beeinflusse, möchte er sagen, daß nach seiner Erfahrung die Beschaffenheit der Oberfläche keine Rolle spiele, ausgenommen bei sehr g Öffnungsverhältnissen. Aus diesem Grunde hat er v zogen, keine Stauränder über $m = 70$ vH Querschni hältnis zu benutzen; denn bei diesen wird die Wi der Oberfläche bemerkbar.

Die Untersuchungen sind nicht bei 70 vH Öffn verhältnis abgebrochen worden; die erlangten Ergel für größere Öffnungsverhältnisse haben gezeigt, außerordentliche Genauigkeit erforderlich ist, die randplatte zu zentrieren und die Rohrdurchmess messen. Größere Querschnittverhältnisse werden g wärtig untersucht.

Hodgson empfahl den Gebrauch von Staurä über 50 vH Öffnungsverhältnis aus dem Grunde weil kleine Fehler im Zentrieren oder Schwankung Rohrdurchmesser für die Messung beträchtliche F verursachen. Werden die Stauränder in der oben gebenen Weise zentriert[12]) und die Rohrdurchm genau festgestellt, so scheinen die Ergebnisse bi einem Öffnungsverhältnis von 70 vH hinauf zuver zu sein.

Die von Hodgson befürwortete Bestimmung Druckes in der Ebene des Staurandes sei nicht da dieser Druck leicht durch Extrapolation aus den gen Meßwerten festgestellt werden könne. Er (Spitz könne nicht einsehen, weshalb der zuverlässigste Or die Druckentnahmestellen die Staurandebene sein sol

Im Vergleich zu den wichtigsten bisher ausgefü deutschen Untersuchungen für Mengenmessungen Staurändern nimmt die Arbeit von Spitzglaß eine So stellung ein. Die deutschen Untersuchungen bef sich in der Hauptsache damit, die Beiwerte für ein mehrere Rohre in Abhängigkeit vom Querschnittve nis m bei bestimmter Meßanordnung zu untersuchen. wenige oder gar keine bestimmen außerdem, wie glaß, den Einfluß der Druckentnahmestellen und Rohrweiten. Daher ist ein Vergleich nur im beschrä Maße möglich. Ein solcher Vergleich soll im Sc teil dieser Arbeit gezogen werden. [B 1600]

(Schluß folg

[11]) Einzelheiten dazu s. Bericht von Spitzglaß, a. a. O.

[12]) Vergl. Anmerkung 10 und Abb. 10.

Speisewagen der Atchison-Topeka- und Sa. Fé-Bahn

Im Sommer 1925 stellte diese Bahn in ihren Durchgangzügen Chikago—Los Angeles neuartige Speisewagen ein, die die ganze rd. 3300 km lange Strecke durchlaufen. Die Wagen haben sich gut bewährt.

Sie weichen von der bisherigen Bauart darin ab, daß der Küchenraum die ganze Breite des Wagens, 2,77 m im Lichten (deutsche Speisewagen 2,61 m) einnimmt. Diese Anordnung ist möglich, weil der Wagen unmittelbar hinter dem Packwagen eingestellt wird, also nur von einer Seite Zugang für die Gäste erfordert. Die Zugmannschaft muß notfalls die Küche kreuzen. Der Küchenraum ließ sich so wesentlich günstiger gestalten, und gleichzeitig wurde seine Länge auf 9,25 m gekürzt.

Mit rd. 26,2 m² Grundfläche übertrifft der Küchenraum den europäischer Speisewagen um mehr als das Doppelte. Dies ist begründet durch die andersartigen Ansprüche der Amerikaner und insbesondere durch das warme Klima der Strecken, die der Zug in Neu-Mexiko, Arizona und Kalifornien zu durchlaufen hat; dementsprechend sind die Kühleinrichtungen sehr gut durchgebildet.

Der Raumgewinn durch Fortfall des Ganges neben der Küche ermöglichte im übrigen Raum von 13,74 m lichter Länge die Unterbringung von 42 statt bisher 30 oder 36 Plätzen. Dabei entfällt auf jeden Platz in der Längsrichtung 0,98 m, gegen 0,82 m in deutschen Speisewagen. Die Tischanordnung ist die bei uns übliche mit vier Plätzen an der einen und zwei Plätzen an der andern Fensterseite. Ein kleiner Vorraum von 1,43 m Länge am Ende des Wagenkastens dient zur Aufnahme eines Kühl- und eines Wäscheschrankes. Die gesamte Kastenlänge des Wagens über die Pufferbohlen beträgt 24,54 m (beim sechsachsigen europäischen Speisewagen mit 42 Plätzen 19,16 m).

Neuartig ist ferner, daß diese Speisewagen stets mit einem zweiten, 23,82 m langen Wagen verbunden werden. Dieser enthält zunächst dem Speisewagen einen Schlaf mit acht Betten nebst Abort, Brausebad und Wäschesch ken für die Bediensteten des Speisewagens, die bei durchlaufenden Fahrten bisher im Speisewagen überna mußten. Am Tage werden die acht Betten in 16 beq Sitze umgewandelt, und der nach amerikanischer B einheitliche Raum mit Mittelgang dient dann zum enthalt jener Gäste, die auf Plätze im Speisewagen wa Hierdurch wird das lästige Herumstehen in den dem Sp wagen benachbarten Gängen bei Andrang vermieden.

An diesen Aufenthaltsraum schließt sich ein kl 2,20 m langer Raum zum Verkauf von gekühlten Geträ Zigarren, Zeitungen usw. und dann ein 8,22 m langer 2 m breiter Rauchabteil mit Sesseln, Schreibtischen, usw. Dieser Raum ist durch eine seitliche Glaswand v abgeschlossen, da die Fahrgäste des Zuges von hier ab in Europa durch einen Seitengang von allerdings 660 mm Breite verkehren müssen.

Hinter dem Rauchabteil folgen noch ein Brausebad Ankleideraum, Barbier- und Waschraum sowie Abort

Die Wagen sind von der Pullman Car & Manfg. C nach dem Entwurf des Wageningenieurs J. T. St. Cl der A.-T.-Sa. Fé-Bahn erbaut. („Railway Age“ Bd. 77 (S. 409) [N 247]

60 000 V-Freileitung über den Massaciucol

Um das Kraftwerk Massaciucoli mit dem Unterwer Vaioni zu verbinden, hat die Soc. Torbiere d'Italia Drehstromleitungen für 60 000 V über den Massaciuco gelegt. Die 3,63 km lange Strecke ist in 11 Felder unter Die Tragmaste erheben sich rd. 30 m über den Wa spiegel. Jeder Mast ist auf einem Gerüst von je vier Ei betonpfählen von 70 cm äußerem Durchmesser aufges Der Abstand der Pfähle voneinander beträgt 5,60 m. sechs Kupferleitungen haben je 78,5 mm² Querschnitt, sind nach dem Schoopschen Spritzverfahren verzi („Il Monitore Tecnico“ Bd. 13 (1927) S. 571.) [N 3

C.

RUNDSCHAU

Dampfkraft

Wasserumlaufuntersuchungen an Modellkesseln

Die meisten heutigen Kessel haben eine bestimmte nzleistung, oberhalb deren der Wassergehalt des Dampfes tzlich stark ansteigt. Es handelt sich also im Kesselbau um, diese Grenzleistung so hoch zu treiben, daß sie h über den höchsten mit den Feuerungen erzielbaren stungen liegt.

Von verschiedenen Seiten liegen bereits theoretische praktische Untersuchungen über den Wasserumlauf [1]). Im folgenden seien nun die Untersuchungen berieben, die von Völcker bei der Firma Keilmann & cker, G. m. b. H., Bernburg i. Anhalt, an Modellen von lrohrkesseln in einer besonders errichteten Versuchsge durchgeführt wurden, und zwar die wichtigsten da- in meiner Gegenwart. Die Modelle haben 2 bis 7 m² zfläche; sie sind in der Breite verkürzt und entsprechen h dem Aufriß Kesseln von 10 bis 30 m². Außerdem wur- einzelne Kesselrohre in ihren natürlichen Abmessungen rüft. Alle Versuchskessel sind an geeigneten Stellen der mmeln oder Kammern mit Schaugläsern versehen. Die nnungen wurden absichtlich niedrig gewählt (1 bis abs), weil dabei das Dampfvolumen besonders groß ist infolgedessen alle Vorgänge deutlicher in Erscheinung en. Die Beheizung erfolgte mit Gas oder Öl. Gemessen rden die Dampfleistung, der Wassergehalt des Dampfes die Umlaufrichtung in den einzelnen Rohren. Im ife der Versuche, die sich über drei Jahre erstreckten, rden 16 Modelle hergestellt, von denen die meisten derholt abgeändert und von neuem geprüft wurden.

Dreitrommelkessel

Das Steigrohrbündel der Dreitrommelkessel wurde wie ich einstufig und einseitig beheizt, Abb. 1. Dabei zeigte eine sehr starke Abhängigkeit des Umlaufes von der nspruchung. Die Druckhöhe der beheizten Fallrohre k mit steigender Beanspruchung und war schließlich t mehr imstande, die Druckhöhe der schwach beten hinteren Steigrohre zu überwinden. Diese wurden urch auch zu Fallrohren. Zwischen den vorderen Steig- den hinteren Fallrohren befanden sich einzelne Rohre issermaßen in einem labilen Umlaufzustand. Sie wechen die Umlaufrichtung, sobald sich die Beanspruchung erte. Die Folge davon waren Schwingungen, die etwa 30 kg/m²h einsetzten und sich bis in die Steigrohre pflanzten. Dies zeigte sich äußerlich daran, daß der mpf nicht mehr gleichmäßig nach oben abströmte, sondern teilweise auch umkehrend in die Untertrommel zurückschlug.

Diese Störungen im unteren Teil des Steigrohrbündels sind besonders bedenklich, weil dort auch die Geschwindigkeit von Dampf und Wasser und damit die Kühlwirkung am kleinsten ist.

Versuche mit ungereinigtem Wasser zeigten ferner, daß der Steinansatz unten an den Rohren wesentlich stärker ist als oben. Daher ist die Gefährdung der Heizfläche durch zusätzliche Wärmestauung unten ebenfalls größer als oben.

Kessel mit senkrechten Rohren

Die Kessel bestanden entweder nur aus einem senkrecht stehenden, glatten Rohrbündel oder waren durch eine Mitteltrommel in zwei übereinanderliegende Bündel geteilt, Abb. 2. In allen Fällen waren kaltliegende Fallrohre vorhanden. Die glatten Bündel wurden zwei- oder dreistufig beheizt, und zwar absichtlich oben zuerst. Die Versuche ergaben, daß der Wasserumlauf in den hintereinanderliegenden Rohren wesentlich gleichmäßiger war als beim Dreitrommelkessel. Trotzdem erfolgte die Wasserversorgung bei kleinem Fallrohrquerschnitt nicht mehr allein durch die Fallrohre, sondern zum Teil auch durch die am schwächsten beheizten Rohre. Es traten dann bei hohen Dampfleistungen ähnliche Erscheinungen wie beim Dreitrommelkessel auf: Schwingungen und Rückschlagen von Dampf in die Untertrommel.

Bei Verwendung einer Mitteltrommel erhielt das obere Bündel einen wesentlich kleineren Querschnitt, Abb. 2, weil man sich von dem geringeren Wasserinhalt Vorteile

[1]) Münzinger, „Leistungssteigerung von Großdampfkesseln, n 1922, S. 64; Karl, Bericht der Hauptversammlung der Vereini- der Großkesselbesitzer, Kiel 1924, S. 71; Berner, „Die Wärme" 7 (1924) S. 93.

RZ 426 Z 1

Abb. 1
Dreitrommelkessel

RZ 426 Z 2 u 3

Abb. 2
Kessel mit senkrechten Rohren, Mitteltrommel und kaltliegenden Fallrohren

Abb. 3
Kessel mit Dampfentwässerung durch Drallflächen in den oberen Steigrohren

versprach. Es stellte sich heraus, daß die Druckunterschiede in den einzelnen Rohren an der Untertrommel jetzt nur noch sehr klein waren, weil die Mitteltrommel einen gewissen Ausgleich bewirkte. Auch bei sehr kleinem Fallrohrquerschnitt blieb die Umlaufrichtung in beiden Bündeln stabil. Bis zu den höchsten Dampfleistungen (185 kg/m²h) trat eine Umkehr des Wasserumlaufs oder ein Rückschlagen von Dampf in die Untertrommel nicht auf. Dabei war der Dampf bei Speisung von destilliertem Wasser fast völlig trocken (weniger als 1 vH Wassergehalt).

Der Auftrieb des Kessels war so kräftig, daß der außenliegende Wasserstand über den unbeheizten Fallrohren weit unter die Oberkante der Steigrohre abgesenkt werden konnte, ohne daß eine Störung des Umlaufs eintrat. Mit sinkendem Wasserstand wurde die Menge des Umlaufwassers geringer und der Dampf trockener. Senkte man den Wasserstand bis etwa in die Höhe der Mitteltrommel ab, so hörte der Wasserumlauf völlig auf und es entstand überhitzter Dampf; gleichzeitig ging die Kesselleistung stark zurück. Eine so starke Absenkung kommt aus betriebtechnischen und wirtschaftlichen Gründen natürlich nicht in Frage; dagegen ist es wichtig, das Umlaufwasser im Kessel beliebig verringern zu können, um so die Trockenheit des Dampfes zu erhöhen. Ohne Mitteltrommel ist das nicht möglich, weil sich dann der Umlauf durch die am wenigsten beheizten Rohre innerhalb des Steigrohrbündels kurz schließt; dabei besteht die Gefahr, daß sich in diesen Rohren ein zu niedriger Wasserstand einstellt.

Entwässerung des Dampfes

Es ist bereits bekannt, daß der Wassergehalt des Dampfes um so höher wird, je kleiner die Wasseroberfläche in der Obertrommel ist. Bei den Versuchen zeigte sich auch eine starke Abhängigkeit von der Wasserfüllung der Trommel. Dies ließ sich besonders deutlich bei stark salzhaltigem Kesselwasser erkennen. Bei 50 kg/m²h Leistung war der Dampf selbst bei halber Füllung der Trommel noch sehr naß (rd. 10 vH Wassergehalt). Erst bei ziemlich leerer Trommel konnte genügend trockner Dampf er werden. Das Aufsteigen der Dampfblasen durch das wasser der Trommel erschwert also seine Entwässe

Um den starken und stetigen Auftrieb des Senk rohrkessels mit Mitteltrommel zur Entwässerung Dampfes mitzubenutzen, wurden in das obere Rohrb Drallflächen eingelegt, Abb. 3, um dem Dampf eine dre Bewegung zu geben und dadurch schon innerhalb der I mit der Trennung von Wasser und Dampf zu beginnen. Versuche zeigten, daß die Auftriebkraft des Kessels Erzeugung der Drallbewegung selbst beim Absenken Wasserspiegels in den Fallrohren unter die Oberkant Steigrohre völlig ausreicht. Auch hierbei konnte ma Umlaufwasser allein arbeiten ohne Wasserfüllung Obertrommel. Dabei wurde das Wasser am oberen E der Steigrohre seitlich abgeschleudert, während der D hauptsächlich in der Mitte abströmte. Wie zu erw war, wurde durch die Drallflächen das wasserreichst misch an die Rohrwand gedrückt. Die Obertrommel w bei diesem Verfahren durch schräg liegende Teilkam ersetzt, Abb. 3, die das Umlaufwasser einem senkrecht den Fallrohren stehenden Sammler zuführten, währen Dampf aus den Kammern nach oben abgeführt un oberen Teil des Sammlers entwässert wurde. Die G der Wasseroberfläche im Sammler hat hierbei keinen fluß auf den Wassergehalt des Dampfes; man kann Sammler daher in seinen Abmessungen sehr klein h Mit dieser Einrichtung gelang es, trotz kleiner Kan querschnitte bis zu den höchsten Leistungen tech trocknen Dampf zu erzeugen. Bei ungereinigtem W hatten die Drallflächen einen stärkeren Steinbelag al Rohre, was für den Wärmeübergang und die Betriebsi heit ebenfalls sehr vorteilhaft ist.

Die Modellversuche haben wichtige Aufschlüsse die Verdampfung bei hohen Kesselleistungen gegeben zeigen einen Weg, wie man die Schwierigkeiten, di hohen Belastungen auftreten, überwinden kann. [M

Magdeburg Dr.-Ing. B e r n

Aus dem Ausland

Maschinenteile

Spannungen in Muffen von Gußeisenrohren

Die Untersuchung über die Spannungen, die in den Muffen von gußeisernen Rohren durch Abdichten und inneren Überdruck entstehen[1]), wurde veranlaßt durch die Ansicht, daß die englischen Normen für Muffen unnötig schwere und teure Rohrleitungen ergäben.

Geprüft wurden die in Abb. 4 und 5 dargestellten Muffen, die mit Handarbeit oder maschinell abgedichtet wurden. Als Dichtungsmittel wurde gegossenes Blei oder Bleiwolle benutzt. Zum Abdichten mit Handarbeit diente ein 2 kg schwerer Hammer mit Setzeisen, zum maschinellen Abdichten ein mit Druckluft von 7 at betriebener Meißel von 2,4 cm² Schaftquerschnitt.

Die beim Abdichten eintretenden Änderungen der Durchmesser wurden an vier Stellen der Muffen nach drei voneinander unabhängigen Verfahren gemessen und mit Elastizitätsmessungen verglichen, die an Probestäben aus demselben Guß wie dem der Muffenrohre ermittelt wurden.

Die Versuche ergaben, s. Abb. 6 und 7, daß durch das Abdichten beträchtliche Spannungen in den Muffen entstehen können; im vorliegenden Fall betragen sie je nach der Abdichtung bei der leichteren Muffe 350 bis 700 kg/cm², bei der schwereren 250 bis 450 kg/cm². In allen Fällen waren die Spannungen höher, wenn mit Handarbeit abgedichtet wurde; Bleiwolle ergab ferner höhere Spannungen als eingegossenes Blei. Die größte Beanspruchung trat also dann auf, wenn mit Bleiwolle und Handarbeit abgedichtet wurde, die kleinste bei maschinellem Abdichten mit eingegossenem Blei. Die Güte der Abdichtung reichte auch dann noch aus.

Die oben angegebenen Spannungen wurden 3 h nach dem Abdichten ermittelt. Im Laufe der Zeit verminderten sich die Spannungen und strebten nach etwa 7 Tagen einem Endwert zu, der rd. 75 bis 80 vH des Anfangswertes betrug. Hierauf wurden die Rohre einem von 0 bis rd. 23 at wechselnden inneren Überdruck unterworfen; nach 50 Druckwechseln nahmen die Spannungen weiter auf rd. 60 bis 70 vH des nach 3 h ermittelten Anfangswertes ab, s. Abb. 6 und 7.

Infolge der inneren Überdrücke entstehen in den Muffen Spannungen, die bei beiden Muffenarten verhältnisgleich dem Druck steigen und bei 22,8 at Überdruck in beiden Muffen 126 kg/cm² erreichen. Die übliche Rechnung e bei Annahme gleichmäßiger Spannungsverteilung über Querschnitt ($D_m = 739$ mm, $s = 46$ mm) 184 kg/cm²; Gleichung für dickwandige Hohlzylinder[2]) liefert, keine axialen Kräfte zu übertragen sind, außen 163 kg innen 192 kg/cm². Danach ergaben die Versuche etwa ringere Beanspruchungen als die Rechnung, was bei unregelmäßigen Form der Muffen und der Möglichkeit, das Dichtungsmittel ausweiche, erklärlich scheint.

Zieht man in Betracht, daß die Rohre für Betriebsdr von 10 bis höchstens 15 at in Frage kommen, so ergibt daß die Spannungen in den Muffen infolge des inneren Ü drucks gegenüber den durch das Abdichten wachgeruf Spannungen bedeutend zurücktreten und daß, wenn k zusätzlichen Beanspruchungen durch Erddruck, Wärme auftreten, die Beanspruchungen der Muffe im Betrieb inf der Abnahme der durch das Abdichten hervorgeruf Spannungen nicht größer werden, als unmittelbar nach Abdichten. Beachtenswert scheint, daß sich mit Bleiw recht gute Abdichtung erzielen läßt und bei maschine

[1]) „The Engineer" Bd. 142 (1926) S. 366.

[2]) Bach-Baumann, Elastizität und Festigkeit 9. Auflage,

Abb. 4 und **5**
Leichte und schwere Muffe

Abb. 6 und 7
Spannungen in den Muffen durch Abdichten und innern Überdruck

Abdichten keine übermäßigen Beanspruchungen in der Muffe auftreten. Ob der leichteren Muffe der Vorzug zu geben ist, wird in erster Linie von der Güte des Gußeisens abhängen. [M 93]

Stuttgart Dipl.-Ing. O. Schwarz

Eisenhüttenwesen

Eisen- und Stahlwerk am Hafen von Sagunto, Spanien

Die Compañia Siderúrgica del Mediterráneo hat am Hafen von Sagunto ein Eisen- und Stahlwerk errichtet. Das Eisenerz wird in den 200 km entfernt liegenden Bergwerken einer Tochtergesellschaft, der Compañia Minera de Sierra Menera, bei Ojos Negros gewonnen und auf eigener Eisenbahn mit 1 m Spurweite in Selbstentladern befördert. Der Eisengehalt beträgt 47 bis 54 vH, der Mangangehalt 0,67 bis 1,76 vH. In Sagunto wird das Erz entweder in die Hochofenbunker oder in Schiffe zur Ausfuhr verladen. Das feine Erz wird zu Preßlingen verarbeitet oder agglomeriert und selbst verhüttet oder versandt. Die Kohlen werden aus England, geringe Mengen aus Nordspanien bezogen.

Von der Gesamtanlage des sehr ausgedehnten Werkes, Abb. 8, befinden sich zur Zeit zwei Hochöfen mit Koksofenanlage und Nebengewinnung, drei Siemens-Martin-Öfen, das Blockwalzwerk, die Träger- und Schienenstraße, die Feineisenstraßen und ein Blechwalzwerk in Betrieb. Die übrigen Teile werden nach und nach fertiggestellt. Die Kohlen werden aus Schiffen, die am Kai anlegen, mit besonderen Lokomotivkranen entladen. Die Werkstätten bestehen aus Gießerei, Schmiede, Maschinen-,

Abb. 8
Gesamtanlage der Eisen- und Stahlwerke in Sagunto (Spanien) nach vollem Ausbau

a Kohlenlager
b Koksofenanlage
c Agglomerieranlage
d Hochöfen
e Maschinen-Werkstätte
f Lokomotiv-Werkstätte
g Kesselschmiede
h Gießerei und Schmiede
i Lokomotivschuppen
k Klärbehälter
l Kesselanlage
m Kraftwerk
n Schrotlager
o Blockformlager
p Stahlwerk
q Gaserzeuger
r Tieföfen
s Blocklager
t Blockwalzwerk
u Träger- und Schienenwalzwerk
v Feineisenwalzwerk
w Blechwalzwerk
x Walzendreherei
y Zurichterei

Kessel- und Brückenbauwerkstätten und aus einer Ausbesserwerkstätte für Lokomotiven. Die Werkstätten wurden zuerst errichtet und in ihnen alle Eisenkonstruktionen und viele Maschinen hergestellt.

Die Koksofenanlage mit Nebengewinnung wird nach ihrem Ausbau vier Batterien von je 70 Öfen mit einer täglichen Erzeugung von 1400 t bei 30 h Garungszeit umfassen. 70 Öfen der Bauart Hurez mit Kammern von 10 m Länge, 2,5 m Höhe und 540 bis 475 mm Breite sind fertiggestellt.

Die Hochöfen haben eine Leistung von je 300 t täglich. Die Abmessungen betragen: Gestelldurchmesser 3960 mm, Rastdurchmesser 5790 mm, Gichtöffnung 4115 mm, Höhe 22,85 m. Die Öfen werden durch doppelte Schrägaufzüge mit Kippkübel begichtet und haben drehbare Einsatzvorrichtungen. Jeder Ofen hat vier Winderhitzer von 6,4 m Dmr. und 27,45 m Höhe. Im Kesselhaus hat man Babcock & Wilcox-Kessel mit Überhitzern für 12,3 at Dampfdruck aufgestellt, die man mit Hochofengas, Koksofengas oder Kohlen heizen kann; Vorwärmer sollen später eingebaut werden. Im Kraftwerk hat man drei Turbogebläse von je 850 m³/min Leistung und drei 3750 kW-Turbodynamos von 5250 V und einen Umformersatz für 220 V-Gleichstrom für die Hilfsantriebe untergebracht. Der in der Nähe der Erzvorratbunker liegenden Sinteranlage wird das zu sinternde Erz durch Gurtförderer zugeführt. Das Metall wird dem Stahlwerk oder einer Gießmaschine zugeführt.

Die Martinöfen haben eine Leistung von je 60 t bei Herden von 9,76 m Länge und 4,27 m Breite. Koksofengas und Teer können in den Martinöfen verbrannt werden. Jeder Ofen ist mit einem Babcock & Wilcox-Abhitzekessel mit Überhitzer versehen. Die Gaserzeuger haben Wasserabschluß und werden mit der Hand gestocht, da die billigen Arbeitskräfte mechanische Einrichtungen nicht notwendig machten. Wegen des hohen Mangangehalts im Roheisen dient der mit Ölbrennern ausgerüstete 600 t-Mischer dazu, den Gehalt an Schwefel, der bis zu 0,1 vH beträgt, auf weniger als 0,04 vH herabzusetzen.

Das Blockwalzwerk hat Walzen von 990 mm Dmr. und 2740 mm Länge und wird von einem 700 V-Gleichstrom-Umkehrmotor von 5000 PS mit Geschwindigkeitsregelung für 50 bis 120 Uml./min angetrieben. Das Schienen- und Trägerwalzwerk hat Walzen von 710 mm Dmr. und 1830 mm Länge und schließt sich an das Blockwalzwerk an, so daß die Blöcke in einer Hitze ausgewalzt werden können. In zwei Wärmöfen können die Blöcke vorgewärmt werden. Das Walzwerk besteht aus drei Gerüsten zu je drei Walzen. Der Antriebmotor leistet 3750 PS bei Gleichstrom von 700 V mit Geschwindigkeitsregelung für 70 bis 150 Uml./min; zwischen Motor und Kammwalzengerüst ist ein Schwungrad von 90 t eingebaut.

Das Blechwalzwerk (drei Walzen von 914 mm Dmr. und 1820 mm Länge) wird durch einen 3000 PS-Induktionsmotor für Drehstrom von 5250 V angetrieben. Zwischen Motor und Walzwerk ist eine Räderübersetzung eingeschaltet, durch die die Umdrehungszahl von 735 auf 88 Uml./min vermindert wird. Die Räderübersetzung ist mit zwei 8,5 t-Schwungrädern versehen. Das Feineisenwalzwerk ist eine kontinuierliche Straße mit sechs Gerüsten mit Walzen von 355 mm Dmr., vier Gerüsten mit 305 mm Walzen und zwei Gerüsten mit 205 mm-Walzen. Das Walzgut wird in zwei Rekuperativ-Wärmöfen vorgewärmt. Das mechanische Kühlbett ist 91,5 m lang und 4,27 m breit. Die ersten sechs Gerüste und die 305 mm-Gerüste werden durch je einen 2500 PS-Motor, die 205 mm-Gerüste durch einen 1000 PS-Motor angetrieben. („The Iron and Coal Trades Review" Bd. 114 (1927) S. 218.) [M 212]

Amberg H. Illies

Abb. 9
Druckluftherd für Steinkohlenaufbereitung der American Coal Cleaning Corp.
a Rohkohlenaufgabe *c* Zwischengutaustrag
b Bergeaustrag *d* Reinkohlenaustrag

Aufbereitung

Steinkohlenaufbereitung mittels Druckluft

Die Nachteile der naßmechanischen Steinkohlenaufbereitung, die sich besonders in den Schwierigkeiten bei der Entwässerung der Feinkohle und der Wasserklärung zeigen, lassen die Bestrebungen nach trockner Aufbereitung der Steinkohle immer mehr in den Vordergrund treten. Neben den bekannten Verfahren der Fliehkraftschleudern[1]) und der Luft-Sand-Aufbereitung[2]) hat sich besonders die Aufbereitung der Kohle auf Herden mittels Druckluft weiter entwickelt.

Die für die Kohlenaufbereitung verwendeten Druckluftherde sind ähnlich wie die aus der Erzaufbereitung bekannten Schüttelherde gebaut. An Stelle des Wassers wird als Trennmittel Druckluft mit geringem Überdruck benutzt, die von unten durch die luftdurchlässige Herdplatte tritt[3]). Durch die Wirkung des Druckluftstromes und die Schüttelbewegung des Herdes werden die Rohkohlen in verschiedene Schichten entsprechend dem spezifischen Gewicht getrennt, Abb. 9. Auf die Herdfläche sind in Abständen von 50 mm Leisten parallel zur Stoßrichtung des Herdes aufgenagelt, die an der Aufgabeseite des Herdes 12 mm hoch sind und nach der Bergeaustragseite hin auslaufen. Die Druckluft wird die leichten Kohlenteilchen über diese Leisten hinweggleiten lassen und sie, der Neigung des Herdes entsprechend, dem Reinkohlenaustrag zuführen, während die schweren Bergeteilchen nicht über die Leisten gehoben werden, sondern an ihnen entlang rutschen und schließlich zum Bergeaustrag gelangen.

Bei der zweiten unter dem Namen Y-Herd bekannten Bauart hat der Herd eine Y-förmige Gestalt. Die auf die luftdurchlässige Herdoberfläche aufgesetzten Leisten laufen hierbei von der Seite der Rohkohlenaufgabe auf die höhergelegene Herdmitte zu, während sie auf den wieder abwärts geneigten Schenkeln des *Y* parallel zur Herdachse verlaufen, Abb. 10 und 11. Die Rohkohlen gibt man am Fuße des Y-Herdes auf. Die leichteren Teilchen, die durch den Luftstrom zur Oberfläche der aufgegebenen Kohlenschicht gehoben werden, werden entsprechend der Neigung der Herdplatte sofort nach beiden Seiten des Herdes ausgetragen, während die spezifisch schweren Teile durch die Leisten der höher gelegenen Herdmitte zugeführt werden und von hier zur Nachaufbereitung auf die Schenkel des *Y*-Herdes gelangen. Hier trennen sich Berge und Zwischengut auf die gleiche Weise wie auf den oben beschriebenen, einfach wirkenden Druckluftherden. Die Herde haben bei 300 bis 400 Stößen in einer Minute einen durchschnittlichen Kraftbedarf von 2,25 kW[4]). Durchschnittsleistung und Luftbedarf des Y-Herdes bei den verschiedenen Korngrößen sind in Zahlentafel 1 wiedergegeben.

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 978.
[2]) „Coal Age" Bd. 29 (1926) S. 325.
[3]) „The Mining Congress Journal" 1926 S. 1.
[4]) „Iron and Coal Trades Review" Bd. 113 (1926) S. 1029.

Abb. 10 und 11. *Y*-Herd
a Rohkohlenaufgabe *b* Austragrinne für Reinkohle
c Austragrinne für Zwischengut *d* Austragrinne für Berge
e Anschluß zum Gebläse

Verteilschnecke
Siebe mit 12 mm Lochweite
Siebe mit 3 mm Lochweite
Siebe mit 1,5 mm Lochweite
Siebe mit 6 mm Lochweite
f Siebe mit 25 mm Lochweite
g Vorratbunker
h Sauger
i_1 bis i_6 Herde
j Bergeabzug
k Zwischengutabzug
l Reinkohlenabzug
m Staubabscheider
n Becherwerk

Abb. 12
Schnitt durch die mit Druckluftherden arbeitende Kohlenaufbereitung auf der Wardley-Grube, Durham

hlentafel 1. Durchschnittsleistung und Luftbedarf des Y-Herdes

Korngröße mm	Leistung t/h	Luftbedarf m³/min	Überdruck mm W.-S.
65 bis 50	35	450	150
50 „ 25	30	365	140
25 „ 18	25	330	130
18 „ 12	20	310	100
12 „ 6	16	220	90
6 „ 3	12	145	78
3 „ 1,5	9	115	45
unter 1,5	5	108	25

Versuche, die eine angebliche chemische Einwirkung · Druckluft auf die Kohlen durch Oxydation nachprüfen lten[5]), ergaben, daß die praktisch nicht als porös anzu-enden Steinkohlen keinen Sauerstoff aufnehmen, daß och durch die Trockenwirkung der Luft die Kohlenfeuch-keit herabgesetzt wird. Ein oxydierender Einfluß der uckluft ist auch aus dem Grunde nicht zu befürchten, da Kohlen nur ganz kurze Zeit auf dem Herde bleiben. So ıen die Nußkohlenteilchen z. B. in 6 bis 10 s über den rd, während die Feinkohlen 20 bis 30 s auf dem Herd ·bleiben.

Auf Grund der mit den Druckluftherden seit dem ıre 1921 in Amerika erreichten günstigen Erfolge sind im ıre 1926 von der Birtley Iron Co., Durham, die ersten den Großanlagen mit einem rchsatz von je 100 t/h in Eng-d gebaut worden. Bei der An-e auf der Wardley-Grube Dur-n[6]), wird die in Eisenbahn-gen von zwei verschiedenen uben ankommende Gaskohle 19 vH Asche in einen 25 t ıssenden Rohkohlenbunker, b. 12, entleert. Da die Kohlen jeder der beiden Gruben ver-iedenartig sind, ist es wün-enswert, sie vor der Aufberei-ıg soweit wie möglich zu ıchen. Aus diesem Grunde wer-die Eisenbahnwagen mit den ien Kohlenarten auf getrenn-Gleisen aufgestellt und immer abwechselnd über dem Rohkohlenbunker entladen[7]). Von hier gelangt die Kohle durch das Becherwerk *n* mit 160 t/h Leistungsfähigkeit auf zwei Siebe *b* mit 12 mm Lochweite, die staubsicher gekapselt und mit Schautüren ausgerüstet sind. Der Siebüberlauf geht auf das Sieb *f* mit 25 mm Lochweite. Die hierbei anfallenden Kornklassen über 25 mm und von 25 bis 12 mm werden den je 12 t fassenden Vorratbunkern *g* der Herde i_1 und i_2 zugeführt. Das Gut unter 12 mm wird auf zwei Sieben *c* mit 3 mm Maschenweite aufgegeben; die Kornklasse von 12 bis 3 mm wird auf dem Siebe *e* in die Klassen von 12 bis 6 mm und 6 bis 3 mm zerlegt und in die Vorratbunker der Herde i_5 und i_6 geleitet. Von der Kohle unter 3 mm wird auf zwei Sieben *d* die Kohle unter 1,5 mm abgesiebt, die in diesem Falle nicht weiter aufbereitet wird, während die Kornklasse von 3 bis 1,5 mm in die Vorratbunker *g* der Herde i_3 und i_4 geführt wird. Die zur Verwendung kommenden Herde sind einfach wirkende Herde mit besonderen Gebläsen für jeden Herd zur Drucklufterzeugung[8]).

Die anfallenden Reinkohlen mit 4 vH mittlerem Aschengehalt, Zwischengut und Berge werden getrennt auf mit 0,75 m/s laufenden Förderbändern (Kohlenförderbänder mit Staubsaugung ausgerüstet) abgeführt. Das anfallende Zwischengut gelangt zur Nachaufbereitung in den Rohkohlenbunker zurück, Abb. 13. Der Staub wird von den Herden durch Hauben von einem doppelseitigen Sauger mit 2125 m³/min abgesaugt, von wo die Luft in die Staubabscheidungsanlage *m* mit 520 Filterschläuchen von 180 mm Dmr. und 5200 mm Länge gelangt. Die gesamte Filteroberfläche ist so groß bemessen, daß die Luft nur noch ganz geringe Geschwindigkeit hat, so daß sich die Filterschläuche durch die entweichende Luft kaum ausdehnen und der Staub sich daher auch nicht an die Schläuche ansetzt, sondern in den darunter befindlichen Staubbunker fällt. Der Kraftbedarf für die Filteranlage beträgt 30,5 kW, der Gesamtkraftbedarf der Anlage, auf Rohkohle bezogen, 1 kWh/t.

Berlin [M 100] Prockat

Abb. 13
Stammbaum der Steinkohlenaufbereitung auf der Wardley-Grube

[5]) „Coal Age“ Bd. 31 (1927) S. 47.
[6]) „Iron and Coal Trades Review“ 13 (1926) S. 1021.
[7]) „Coal Age“ Bd. 31 (1927) S. 358.
[8]) „Colliery Guardian“ Bd. 132 (1926) S. 1453.

Verschiedenes

Sahara-Eisenbahn

Der Plan zum Bau einer Bahn quer durch die Sahara ist jetzt in einen praktisch greifbaren Zustand getreten. Die Strecke, bei deren Entwurf militärische Erwägungen eine große Rolle gespielt haben, soll jetzt endgültig von Algerien durch die Wüste nach dem Süden von Hoggar führen. Hier soll sie sich gabeln. Eine Linie soll in südwestlicher Richtung nach Gao am Niger und von dort nach Bani führen; die andre nach Südosten an den Tsadsee und von da nach dem Kongo, wo sie sich wahrscheinlich an die kommende belgische Kongobahn anschließen wird. Man wirkt darauf hin, daß der Bau sobald wie möglich ausgeführt wird, wobei man meint, daß die zu überwindenden Schwierigkeiten nicht größer sein werden als beim Bau der Bahn Kairo – Kapstadt. („The Engineer“ Bd. 143 (1927) S. 497) [N 470] Krs.

Änderung des französischen Maßsystems

Mit Gesetz vom 2. April 1926 ist in Frankreich an die Stelle des CGS-(Zentimeter-Gramm-Sekunden-)Systems das MTS-(Meter-Tonne-Sekunden-)System getreten, dessen Grundeinheit nicht das Gewicht, sondern die Masse einer Tonne ist. Der Vorteil dieses Maßsystems ist, daß die Einheit der Masse von der Schwere nicht abhängt, also an allen Punkten der Erde gleich ist.

Als Einheit der Kraft gilt ferner das Sthène, d. h. die Kraft, die der Masse von 1 t die Beschleunigung von 1 m/s² erteilen kann. Bei der Erdbeschleunigung von 9,81 m/s² entspricht diese Einheit rd. 102 kg Gewicht.

Als Einheit des Druckes wird das Pièze bestimmt, d. h. der Druck, der bei gleichförmiger Verteilung über 1 m² Fläche die Kraft von 1 Sthène hervorbringt. Nach Obig[e]n entspricht diese Einheit somit 102 kg Gewicht [a]uf 1 m². Da diese Einheit für praktische Zwecke zu klein [is]t, rechnet man z. B. bei Dampfkesseln mit 1 Hectopièze = [r]d 1,02 kg Gewicht auf 1 cm². („Le Génie Civil" Bd. 90 (19[27]) S. 403) [N 471] E

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Die Wärmeübertragung. Von M. ten Bosch. 2. erw. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 304 S. m. 169 Abb. Preis 22,50 ℳ.

Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen 4. Bd.: **Die Grundlagen der Wärmeübertragung.** Von Friedrich Merkel. Dresden und Leipzig 1927, Theodor Steinkopff. 234 S. m. 88 Abb. Preis 15 ℳ.

Fast gleichzeitig erscheinen zwei Bücher, deren Verfasser sich die Aufgabe gestellt haben, alle neueren Veröffentlichungen auf dem Gebiete des Wärmeaustausches (durch Leitung, Konvektion und Strahlung) zusammenzufassen und die theoretisch und experimentell gefundenen Gesetze in einer für die Praxis verwertbaren Form darzustellen.

M. ten Bosch [1]) hat sein Buch in der vorliegenden Auflage bedeutend erweitert und umgearbeitet. Durch die große Zahl von theoretischen Betrachtungen, Versuchsergebnissen, Zahlentafeln, Diagrammen und Anwendungsbeispielen über praktisch wichtige Wärmeübergangsprobleme ist das Buch besonders für den in der Praxis stehenden Ingenieur geeignet. Die der Durchsicht leider entgangenen Druckfehler machen es allerdings oft notwendig, die Schlußformeln vor ihrer Verwertung nachzuprüfen. Eine übersichtlichere Gliederung des Textes, weniger sparsame Verwendung auffallenden Druckes und das Anfügen einer Inhaltsangabe würden dem Leser das Zurechtfinden erleichtern.

F. Merkel befaßt sich hauptsächlich mit den Fragen des Wärmeüberganges, so daß sein Buch die 1925 erschienene Schrift von Gröber „Einführung in die Lehre von der Wärmeübertragung" ergänzt. Merkels Darstellung zeichnet sich besonders durch ihre einheitliche, umfassende Form aus; das Buch wird in erster Linie denjenigen nützlich sein, die sich in die Theorie und die Gesetze der Wärmeübertragung einarbeiten wollen. Die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse der experimentellen Forschung sind fast lückenlos aufgenommen. Der Hauptwert ist auf die graphische Darstellung der hauptsächlichen Zusammenhänge gelegt.

Jedem, der sich ernsthaft mit den theoretischen und praktischen Fragen der Wärmeübertragung beschäftigt und wärmetechnische Berechnungen durchzuführen hat, werden die beiden Bücher unentbehrliche Ratgeber sein.

[E 270] Reiher

Die Bewährung, Eignung und Verteilung der Motorpflüge in der deutschen Landwirtschaft. Von Ernst Bredemann. Berlin 1927, M. Krayn. 14 S. m. 13 Abb. und 10 Taf. Preis 6 ℳ.

Das Buch enthält die Auswertung von 2372 Fragebogen, die von den Motorpflugbesitzern ausgefüllt wurden. 64 verschiedene Motorpflugbauarten wurden dabei beurteilt. Der Verfasser hat es gut verstanden, die Fülle von Angaben nach den Hauptgesichtspunkten — Eignung für die verschiedenen Bodenarten, Leistung, Betriebskosten, Ausbesserungen, Verteilung der einzelnen Bauarten auf die verschiedenen Betriebsgrößen u. a. m. in Tafeln zu ordnen und zum größten Teil diese wieder graphisch darzustellen. Die Ergebnisse bestätigen in jeder Hinsicht, daß — wie schon seit langem gefühlsmäßig vertreten — in der deutschen Landwirtschaft wie in keiner andern die Vorbedingungen für eine vielseitige Verwendung der motorischen Zugkraft gegeben sind und daß bei zweckdienlicher Wartung und Pflege auch ein Gewinn zu buchen ist. Die Untersuchung gibt auch ein erschütterndes Bild von der Zerrissenheit der Motorpflugindustrie im Jahre 1924, das sich heute glücklicherweise bedeutend gebessert hat. [E 393]

Dr. Ludwig Engelbrecht

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 911.

Practical Marine Diesel Engineering. Von Louis R. Fo[r]d. New York und London 1925. Simmons-Boardman [Pu]blishing Co. 512 S. m. 264 Abb. Preis 31 sh 6 d.

Die Absicht des Verfassers, der in jahrzehntelang[em] Umgang mit Dieselmaschinen seine Erfahrungen ges[am]melt hat, war, dem Maschinenwärter ein Buch [in] die Hand zu geben, das ihm im Rahmen seiner Ber[ufs]tätigkeit jederzeit als Ratgeber dienen kann. Dabei [ist] beachtet, daß für ein derartig mannigfaltiges Gebiet e[ine] gewisse große Linie eingehalten werden muß, wenngle[ich] auch immer die Schiffsdieselmaschine im Vordergru[nd] steht.

Die ersten drei Kapitel bringen in elementarster Fo[rm] die Theorie der Dieselmaschine. In den Kapiteln 4 bi[s] führt der Verfasser den Leser unmittelbar an die Masch[ine] selbst heran. Ausgehend von der Anordnung der Maschi[ne] im Schiffsraum werden ihre wesentlichen Teile durch[ge]sprochen. Kapitel 9 bis 12 zeigen an der Hand za[hl]reicher Abbildungen die den einzelnen Firmen eigentü[m]lichen Bauarten von Dieselmaschinen, und zwar gruppi[ert] nach ihrer Wirkungsweise. Einen besonderen Absch[nitt] bilden die mittleren und kleinen Dieselmaschinen. E[in]gehend ist in weiteren Kapiteln das Ingangsetzen [der] Schiffsdieselmaschine sowie ihre Wartung im Betrieb [be]handelt; die Herde häufig auftretender Störungen wer[den] gezeigt. In den Kapiteln 20 bis 24 finden sich Angal[ben] über verschiedene Betriebsmaßnahmen, über allgeme[ine] Bauteile sowie über Brennstoffe. Das Schlußkapitel bringt in Form von Frage und Antwort eine kurze Z[u]sammenfassung des gesamten behandelten Stoffes.

Das Buch bedient sich weder irgendwelcher mathem[a]tischen Ausdrucksweise, noch bringt es sonstige Zahl[en]unterlagen. Während textlich der Verfasser seine Absi[cht] erreicht hat, leiden die Abbildungen zum Teil an ni[cht] ganz einwandfrei gelungener Wiedergabe, zum Teil al[so] auch unter Überladung mit Unwesentlichem. Dessen un[ge]achtet kann das Buch dem Leserkreis, dem es vom Verf[as]ser zugedacht ist, zweifellos ein guter Wegweiser sein.

[E 334] L. C. Simon

Geschiebebewegung in Flüssen und an Stauwerken. V[on] Armin Schocklitsch. Wien 1926, Julius Spring[er]. 108 S. m. 124 Abb. Preis 10,20 ℳ.

Die Geschiebebewegung ist wohl das am wenigst[en] durchforschte Gebiet des Wasserbaues; man kennt kaum [die] Grundgesetze, von einer zahlenmäßigen Behandlung ist m[an] noch sehr weit entfernt. Für viele Fragen ist die G[e]schiebebewegung von entscheidender Wichtigkeit; man den[ke] an die Regelung unsrer Flüsse für Schiffahrtzwecke, et[wa] an den Rhein zwischen Basel und Straßburg, an die V[er]änderung der Grundwasserstände durch Aufhöhung od[er] Eintiefung der Flußbetten, wie z. B. an der unteren Wes[er], an die Versandung von Wasserkraftanlagen usw.

Das vorliegende Büchlein ist darum sehr zu begrüß[en]. Es enthält im wesentlichen Modellversuche für die G[e]staltung von Einlaßbauwerken für die Kraftwerke der M[ur] zwischen Bruck und Graz und Vergleiche mit einem au[s]geführten Wehr. Vorausgeschickt sind Erörterungen üb[er] die Kennzeichnung des Geschiebes nach Korngröße und Z[u]sammensetzung, über Zerkleinerung und Aufbereitung dur[ch] das fließende Wasser im Längs- und Querschnitt d[es] Flusses, über einige bisher verwendete Berechnungsve[r]fahren und Beobachtungen des Geschiebetriebs und üb[er] die Verlandung und Ausräumung von Stauräumen. Di[e] Versuche sind außerordentlich lehrreic[h]. Die untersuchten Anlagen sind aber doch recht verwick[elt] und lassen Schlüsse auf andre Verhältnisse schwer zu, e[in] Nachteil, der den in unmittelbarer Anlehnung an ein[en] Fall der Bauausführung angestellten Modellversuchen wo[hl] zumeist anhaften wird.

Das Sammelinhaltsverzeichnis dieser Zeitschrift für die Jahrgänge 1921 bis 1925, Bd. 65 bis 69, ist erschienen

Bei diesem Stand unsres Wissens und Könnens würde man jedes Wehr z. B. für sich untersuchen müssen. Es wird notwendig sein, an ganz einfachen Modellen zunächst die allgemeinen Gesetze der Geschiebebewegung festzulegen unter Beachtung des Modellmaßstabs auch für das Geschiebekorn. Die flußbaulichen Versuchsanstalten sollten dies weite Arbeitsgebiet unter sich aufteilen.
[E 43] R. Seifert

Der Flotationsprozeß. Von C. Bruchhold. Berlin 1927, Julius Springer. 288 S. m. 96 Abb. Preis 27 ℳ.

Die Bedeutung der Flotation für die Erzaufbereitung erhellt aus der Tatsache, daß im Jahre 1925 rd. 50 Mill. t Erze durch die Schwimmaufbereitung zu verkaufsfähigen Erzeugnissen angereichert wurden. Ein zusammenfassendes Handbuch über diesen wichtigen, jüngsten Zweig der Aufbereitung war bisher nicht vorhanden; der Aufbereitungstechniker war vielmehr auf das Studium der zahlreichen, verstreuten Zeitschriftenaufsätze der letzten zehn Jahre, besonders im amerikanischen Schrifttum, angewiesen.

Es ist daher zu begrüßen, wenn Bruchhold sich der Mühe unterzogen hat, diese Aufsätze kritisch zu sichten und einem großen System einzuordnen. Wenn hierbei auch nur die Erfahrungen im amerikanischen Erzbergbau zugrunde gelegt, die von deutschen Forschern entwickelten Theorien der Schwimmaufbereitung sowie die von den amerikanischen abweichenden Aufbereitungsmaschinen für Erz und insbesondere auch für Steinkohle dagegen nicht erwähnt sind, so behandelt — gestützt auf die reichen Erfahrungen des Verfassers auf dem Gebiete der Schwimmaufbereitung — das Buch doch die Hauptfragen der Schwimmaufbereitungstechnik in ebenso eingehender wie anschaulicher Weise.

Neben den verschiedenen Ölmischungen und den Zusätzen von Chemikalien zur Trübe behandelt Bruchhold eingehend das Zerkleinern der Erze, bei dem sich für die Feinzerkleinerung der geschlossene Kreislauf von Mühle und Klassierer als wirtschaftlichstes Verfahren herausgestellt hat. In den nächsten Abschnitten werden die Beschaffenheit der Trübe und des Erzschaumes sowie die verschiedenen amerikanischen Flotationsmaschinen besprochen, und schließlich wird auf die selektive Flotation eingegangen, die die Aufbereitung eng verwachsener komplexer Erze in vielen Fällen überhaupt erst ermöglicht. Das Schlußkapitel gibt über das Entwässern und Trocknen der Konzentrate Auskunft.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das Buch einen sehr guten Überblick über die Praxis der Schwimmaufbereitung für Erze gibt und durch seine zahlreichen Zahlenangaben dem Aufbereitungsfachmann eine wertvolle Unterstützung sein wird. [E 401] Pr.

Der Eisenbahn-Elektrotechniker, 1. T.: Grundlagen der praktischen Elektrotechnik. 1. H.: Der elektrische Strom im Leiter. Von Wilhelm Wechmann. 2. Aufl. Berlin 1927, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 116 S. m. 64 Abb. Preis 4 ℳ.

Die zunehmende Bedeutung der Elektrotechnik im Eisenbahnbetriebe hat den Verfasser veranlaßt, in allgemein verständlich gehaltenen Lehrheften, deren erstes jetzt vorliegt, den technischen Beamten der Reichsbahn die Kenntnisse dieses Sondergebietes zu vermitteln. Die im September 1926 erschienene erste Auflage ist bereits vergriffen. Das beweist den praktischen Wert dieses Büchleins, auf dessen wertvolle Aufgabensammlung noch besonders hingewiesen sei. Krs.

Locomotive and Boiler Inspectors' Handbook. Compiled by A. J. O'Neil. New York und London 1927, Simmons-Boardman Publishing Co. 274 S. m. 130 Abb. Preis einschl. Porto 11 sh 2 d.

Das von einem Praktiker verfaßte Buch soll den Kesselschmied, Maschinisten, Lokomotivführer und Heizer für die Prüfung zum Lokomotivinspektor vorbereiten. Es ist dem Verständnis des Eisenbahnbeamten angepaßt und unter Mithilfe von zahlreichen Mitarbeitern und Firmen entstanden. Der Bearbeiter will den Vorwärtsstrebenden ein Hilfsmittel an die Hand geben, damit sie ihre Kenntnisse bereichern und ihren Blick erweitern können. Das Buch ist natürlich ganz auf amerikanische Verhältnisse zugeschnitten und enthält dementsprechend die Betriebsvorschriften für die Untersuchung von Kesseln, Lokomotiven und Tendern der amerikanischen Eisenbahnen. Ein besonderes Kapitel faßt die gebräuchlichsten Prüfungsfragen und Antworten, nach Lokomotivelementen geordnet, zusammen. Ein weiteres Kapitel ist der Schweißtechnik bei der Eisenbahn gewidmet. Eine Reihe von Rechentafeln bilden den Abschluß. Krs.

Engineering Abstracts from the current periodical literature of engineering and applied science published outside the Kingdom. Neue Reihe Nr. 30. London 1927, The Institution of Civil Engineers. Preis 30 sh jährlich (Mitglieder der Institution 10 sh).

Seit einer Reihe von Jahren gibt die Institution of Civil Engineers unter Mitwirkung von Fachleuten, die den großen englischen technisch-wissenschaftlichen Vereinen angehören, diese „Zeitschriftenschau" heraus, die regelmäßige Berichte über Aufsätze aus etwa 130 nicht britischen Zeitschriften enthält. Diese Übersicht erscheint vierteljährlich und ist hinsichtlich der Zahl der Berichte beschränkt, dafür sind die einzelnen Berichte so ausführlich abgefaßt, daß man zumeist darauf verzichten kann, die Quelle einzusehen. Diesem Vorteil gegenüber der kürzeren Berichterstattung, die bei unsrer Zeitschriftenschau üblich ist, steht allerdings die erhebliche Verspätung im Erscheinen des Berichtes als Nachteil gegenüber. Sie beträgt immerhin einige Monate. In erfreulichem Maße wird auch die deutsche technische Literatur berücksichtigt, wenn auch die Auswahl durch Zufälligkeiten beeinflußt zu sein scheint.

Der Inhalt wird in folgende Gruppen gegliedert: Meßkunde, Baustoffe, Bauwesen, Kraftmaschinen, Werkstoffbearbeitung, Technologie, Wirtschaft, eine Einteilung, für und gegen die sich manches sagen ließe, die aber den Vorzug hat, bei aller Kürze so umfassend zu sein, daß man darin alles unterbringen kann. Jedes Hauptgebiet ist dann in Untergruppen eingeteilt, die nach Bedarf vermehrt werden können. [E 285] H.

Sammlung Göschen Nr. 888, 946, 951. **Radio-Technik.** Berlin und Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. Preis je Bd. 1,50 ℳ.

1. Teil. Nr. 888. Allgemeine Einführung. Von J. Herrmann. 128 S., 75 Abb. und 16 Taf. Der Verfasser behandelt in allgemein-verständlicher Weise die elektrischen Schwingungen und die elektro-magnetischen Wellen und geht dann nach eingehender Besprechung der Wirkungsweise und Schaltung der Glühkathodenröhre zu dem drahtlosen Telegraphie- und Telephonieverkehr über, dessen Einrichtungen gezeigt werden.

2. Teil. Nr. 946. Wellen-Telephonie. Von Werner Bloch. 124 S. m. 80 Abb. Nach kurzer einleitender Erörterung der physikalisch-technischen Grundlagen der Wellentelephonie wird die freie Wellentelephonie, insbesondere der Rundfunk, durch Besprechung der Sendeeinrichtungen und Empfangschaltungen, behandelt. Der Verfasser geht dann auf die leitungsgerichtete Hochfrequenz-Telephonie ein, die in der heutigen modernen Fernsprechtechnik und besonders bei der Zugtelephonie angewendet wird.

3. Teil. Nr. 951. Die Empfänger unter besonderer Berücksichtigung der Rundfunk-Empfangsschaltungen. Von H. Saacke. 115 S. mit 82 Abb. Die Aufgaben des Empfängers, die verschiedenen Schwingungskreise und ihre Elemente werden gekennzeichnet. Anschließend wird die Wirkungsweise des Detektors sowie der Röhren behandelt. Nach kurzer Würdigung der Rundfunk-Zubehörteile, des Telephons, des Lautsprechers und der Batterien geht der Verfasser dann von den einfachen Grundschaltungen zu der Entwicklung der hochwertigen neuzeitlichen Rundfunkschaltungen über, deren Arbeitsweise an zahlreichen schematischen Zeichnungen erörtert wird.

Grundzüge der Zerspanungslehre. Von Max Kronenberg. Berlin 1927, Julius Springer. 264 S. m. 170 Abb. Preis 22,50 ℳ.

Werkstattbücher, 29. H.: **Kugel- und Rollenlager.** Von H. Behr. Berlin 1927, Julius Springer. 64 S. m. 197 Abb. Preis 1,80 ℳ.

Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen. Herausgeg. von L. Prandtl und A. Betz. 3. Lfg. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 166 S. m. 149 Abb. Preis 16,50 ℳ.

Einführung in die Elektrizitätslehre. Von R. W. Pohl. Berlin 1927, Julius Springer. 256 S. m. 393 Abb. Preis 13,80 ℳ.

Teubners Technische Leitfäden, 21. Bd.: **Höhere Mathematik.** Von R. Rothe. 1. T.: Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung nebst Anwendungen. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 186 S. m. 155 Abb. Preis 5 ℳ.

Werkstattbücher, 30. H.: **Gesunder Guß.** Von Dr. Erdmann Kothny. Berlin 1927, Julius Springer. 70 S. m. 125 Abb. u. 14 Tab. Preis 1,80 ℳ.

Darstellende Geometrie für Maschineningenieure. Von Marcel Großmann. Berlin 1927, Julius Springer. 236 S. m. 260 Abb. Preis 16,50 ℳ.

Jahrbuch der angewandten Naturwissenschaften. 33. Jg. Herausgeg. von August Schlatterer. Freiburg i. Br. 1927, Herder & Co. 401 S. m. 213 Abb. Preis 12 *M.*

Leitfaden der Technologie der Brennstoffe. Von H. Strache und H. Ulmann. Leipzig und Wien 1927, Franz Deuticke. 471 S. m. 81 Abb. Preis 24,40 *M.*

Eisenbahn- oder Wasserstraßenförderung. Von E. Giese. Berlin 1927, „Verkehrstechnik". 91 S. m. 7 Abb. Preis 7 *M.*

Haus und Hof im Altertum. Herausgeg. von Franz Ölmann. 1. Bd.: Die Grundformen des Hausbaues. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 132 S. m. 85 Abb. Preis 40 *M.*

Wissenschaft und Hypothese. 31. Bd.: **Zehn Vorlesungen über die Grundlegung der Mengenlehre.** Von Adolf Fraenkel. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. 182 S. Preis 8 *M.*

Mitteilungen aus den Versuchsanstalten der „Vereinigten Stahlwerke Aktiengesellschaft" Dortmunder Union-Hoerder Verein. 2. Bd., 3. Lfg.: **Über das Verhalten und den Einfluß des Phosphors bei höheren Gehalten im Flußeisen.** Von K. Heitmann. Dortmund 1927, Stahldruck Dortmund. S. 57 bis 74 m. versch. Abb. Preis 1,40 *M.*

Die Betriebspraxis der Eisen-, Stahl- und Metallgießerei, 5. H.: **Der Holzmodellbau.** Von H. R. Henning. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 51 S. m. 82 Abb. Preis 4,30 *M.*

The English Brass & Copper Industries to 1800. Von Henry Hamilton. London 1926, Longmans, Green & Co. Ltd. 388 S. m. zahlr. Abb. Preis 18 sh.

Wirtschaft- und Verwaltungsstudien. 73. Bd.: **Die Hanfspinnerei und Seilerwarenfabriken in Deutschland.** Von Hans Börger. Leipzig 1926, A. Deichertsche Verlagsbuchhandlung. 169 S. Preis 8,60 *M.*

Die Anhaltische Landes-Eisenbahn-Gemeinschaft in Dessau und die in ihr vereinigten Bahnen: Dessau-Wörlitzer Eisenbahn, Gernrode-Harzgeroder Eisenbahn, Kleinbahn Staßfurt-Löderburg und Zschornewitzer Kleinbahn. Dessau 1927, Selbstverlag. 128 S. m. zahlr. Abb. Kostenlos.

Die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen, G. m. b. H., Dortmund-Bochum-Münster und ihre Entwicklungsgeschichte. Herausgeg. von der Generaldirektion. Dortmund 1926, Selbstverlag. 155 S. m. 154 Abb. u. 3 Plänen.

Festschrift aus Anlaß des 50jährigen Bestehens der Firma Blohm & Voss. 1877 bis 1927. 71 S. m. zahlr. Abb.

Edison. Der Lebensweg eines Erfinders. Von Stephan von Fodor. Berlin 1927, Verlag Ullstein. 136 S. Preis 1,35 *M.*

Amerikanische Industriemagnaten. Von C. A. Bratter. Berlin 1927, Verlag Ullstein. 170 S. Preis 1,35 *M.*

Der moderne Kapitalismus. Von Werner Sombart. 3. Bd. Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus. 2. Halbbd. München und Leipzig 1927, Duncker & Humblot. S. 517 bis 1064. Preis 17 *M.*

Absatz-Finanzierung. Von Ludwig Silberberg. Berlin 1927, Ernst Angel. 15 S. Preis 0,75 *M.*

Vierteljahreshefte zu Konjunkturforschung. Herausgeg. vom Institut für Konjunkturforschung. 1. S.-H.: **Zur Analyse des Eisenmarkts.** Berlin 1927, Reimar Hobbing. 111 S. m. versch. Abb. Preis 10 *M.*

Wiederherstellung des Volksvermögens. Denkschrift der Reichs-Arbeitsgemeinschaft. Berlin 1927, Selbstverlag der Reichs-Arbeitsgemeinschaft. 112 S. Preis 1 *M.*

Adreßbuch der Dampfkesselbesitzer Deutschlands, 2. Bd. Halle a. d. S. 1927, Carl Haenchen. 398 S. Preis 18 *M.*

Ganzsche Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft. **Die vierzigjährige Geschichte des Transformators 1885 bis 1925.** Budapest. 41 S. Kostenlos.

Jahrbuch der Technik. Technik und Industrie. 1926/27. 13. Jg. Stuttgart 1927, Dieck & Co. 384 S. m. zahlr. Abb. Preis 6 *M.*

Leonardo da Vinci, der Denker, Forscher und Poet. Von Marie Herzfeld. Jena 1926, Eugen Diederichs. 269 S. m. versch. Abb. Preis 14 *M.*

Drogen und Drogenhandel im Altertum. Von Alfred Schmidt. 2. Aufl. Leipzig 1927, Joh. Ambros. Barth. 136 S. m. 8 Taf. Preis 7,80 *M.*

Die Laufbahn des Ingenieurs. Von E. Freytag. 5. Aufl., erg. v. A. Foerster. Leipzig 1926, Max Jänecke. 164 S. Preis 3,45 *M.*

Gefesselte Flammen. Von Karl Maurer. Stuttgart 1926, Dieck & Co. 80 S. m. 38 Abb. u. 1 Bild. Preis 2,50 *M.*

Ala-Industrie-Adreßbücher des Deutschen Reiches. 1. Bd.: **Adreß- und Exporthandbuch der Rheinisch-Westfälischen Industrie.** 3. Jg. 1926/27. Bearb. von Herbert Loesdau. Berlin 1926, ALA - Anzeigen - Aktiengesellschaft. Rund 620 S. Preis 40 *M.*

Der moderne Kapitalismus. Von Werner Sombart. 3. Bd.: **Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus.** Von Werner Sombart. 1. H.: Die Grundlagen, Der Aufbau. München und Leipzig 1927, Duncker & Humblot. 514 S. Preis 17 *M.*

Neue psychologische Studien. 3. Bd., 1. H,: **Grenzfragen der Philosophie.** Herausgeg. von Felix Krueger. München 1927, C. H. Becksche Verlagsbuchhandlung. 133 S. Preis 7,50 *M.*

Von Mensch und Motor, Farm und Wolkenkratzer. Von Georg Kühne. Leipzig 1926, J. T. Hinrichssche Buchhandlung. 114 S. m. 83 Abb. Preis 8,50 *M.*

Das elektrische Licht. Von Arthur Fürst. München 1926, Albert Langen. 222 S. m. 136 Abb. Preis 10 *M.*

Pfadfinder der Kultur. Von Albert Neuburger. München 1926, Albert Langen. 300 S. m. 53 Abb. Preis 10 *M*

Andree-Heiderich-Sieger. Geographie d. Welthandels. 4. Aufl. 1. Bd.: **Europa.** Wien 1926, L. W. Seidel & Sohn. 1178 S.

Sitzungsberichte der Berliner mathematischen Gesellschaft. 25. Jg., 3. Stck. Göttingen 1926, Dietrichsche Universitätsdruckerei. S. 54 bis 87. (Sonderabdruck.) Preis 2,60 *M.*

Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur 1. R., 20. H.: **Wärmestrahlung technischer Oberflächen bei gewöhnlicher Temperatur.** Von Ernst Schmidt. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 21 S. m. 12 Abb. Preis 3,60 *M.*

Flugschriften der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft, 16. H.: **Die Behandlung landwirtschaftlicher Maschinen.** Von Prof. Holldack. 5. Aufl. Berlin 1927, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft. 68 S. m. 28 Abb. Preis 1,35 *M.*

Der Werksleiter. Halbmonatsschrift für neuzeitliche Fabrikanlage, Betriebsführung und Organisation. Herausg. von Richard Koch und Otto Kienzle. Berlin. 1. Jahrg., 1. Heft, Januar 1927. Vierteljährlich 5 *M*, Einzelheft 1 *M.*

Das System. Zeitschrift für Organisation und moderne Betriebsführung. 1927, 1. H. Herausgeg. v. Robert Stern. Berlin 1927, Verlag: Das System. Preis halbjährl. 4,50 *M.*

Das Problem des Ordnens in der Schriftenverwaltung des Betriebes. Von Erich Sanner. Stuttgart 1926, C. E. Poeschel. 56 S. Preis 3 *M.*

Deutsch-Englisches und Englisch-Deutsches Fachwörterbuch für das Gießereiwesen. Herausgeg. vom Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband. 60 S. Preis 3 *M.*

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES

Ziele und Tätigkeit des Vereines deutscher Ingenieure

Der in diesem Frühjahr veröffentlichte Bericht[1]) über das Geschäftsjahr zwischen den Hauptversammlungen 1926 und 1927 läßt erkennen, daß der Verein sowohl in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit wie in der Vertretung der Standesinteressen der Ingenieure den Nöten der Zeit Rechnung trägt. Die industrielle Entwicklung der letzten Jahre hat zu einer immer weitergehenden Spezialisierung geführt. In ihr liegen zweifellos die großen technischen Fortschritte unsrer Zeit begründet, doch hat sie anderseits auch dahin geführt, daß die Ingenieure die Aufnahmefähigkeit für die geistige Kost, die außerhalb ihres engeren Arbeitsgebietes liegt, und damit den Blick für die großen Zusammenhänge verlieren, der die Vorbedingung für das Schaffen neuer Werte ist. „Der V. d. I. hat," so heißt es in dem Bericht, „von jeher in Wahrung des ihm in seiner Satzung gesetzten Zweckes die Zusammenfassung der technischen Gedankenarbeit gepflegt und entnimmt aus den Zeitumständen, die dieser Aufgabe eine wachsende Bedeutung zuweisen, die Pflicht, gerade jetzt mit besonderem Nachdruck die einem ungesunden Auswuchern des Spezialistentums entgegenwirkenden Kräfte zu sammeln und zu stärken." Auch sieht er es als seine Aufgabe an, die mehr oder weniger außerhalb des Gesichtskreises der meisten Ingenieure liegenden Tätigkeitsgebiete, wie Fertigung von

[1]) VDI-Nachrichten Nr. 13 vom 30. März 1927 S. 9.

Gebrauchsgegenständen des täglichen Lebens, von sanitären Einrichtungen und dergleichen, mehr in den Vordergrund zu rücken.

Auf der andern Seite sucht der Verein dahin zu wirken, daß die Tätigkeit des Ingenieurs die ihr gebührende Anerkennung findet, sowohl innerhalb der Industrie wie bei den Behörden. „Für die Industrie ist ein geistig beweglicher und gesellschaftlich hochgeachteter Ingenieurstand mindestens ebenso wertvoll wie der günstige Ausweis papierner Bilanzen; denn in der Schaffens- und Gestaltungskraft der geistig arbeitenden Schichten liegt eine unversiegliche Quelle des inneren Reichtums einer Nation."

Die vielseitige wissenschaftliche Tätigkeit des V. d. I. spiegelt sich am vollkommensten in den zehn laufend erscheinenden Zeitschriften und andern Veröffentlichungen wider, die vom Verein herausgegeben werden.

Veröffentlichungen des Vereines deutscher Ingeniure

Die Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, deren 71. Jahrgang jetzt erscheint, behandelt vorwiegend die folgenden Hauptgebiete, die hier, nach dem Umfang der Beiträge geordnet, aufgezählt sind: Roh- und Werkstoffe, Verkehrstechnik, Kraftmaschinen, Arbeitsmaschinen, Werkbetriebe und technologische Fachgebiete, Bauingenieurwesen; dazu noch in geringerem Umfange Gesundheitsingenieurwesen, grundlegende Wissenschaften, Unterricht, Forschung, Kultur usw. Die „Chronik", die „Kleinen Mitteilungen" und die „Rundschau" bringen kurze Berichte über die wesentlichen Vorgänge auf den oben genannten und benachbarten Fachgebieten, besonders auch aus dem Auslande, soweit sie nicht in größeren Beiträgen behandelt sind. Acht Hefte wurden als Fachhefte herausgebracht, u. a. über Werkstoffe, Fabrikbetrieb, Dampfkraft, Dieselmaschinen, Kommunale Technik, darunter auch das Hauptversammlungsheft, das der Industrie und Technik Hamburgs gewidmet war.

Die „VDI-Nachrichten" unterrichten ihre Leser über die große technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit innerhalb des V. d. I. und seiner Ausschüsse und berichten über die Vorträge und Veranstaltungen der Bezirksvereine; sie erörtern Tagesfragen, soweit sie Technik und Industrie angehen, besonders auch solche wirtschaftlicher Natur. Die in knapper und anregender Form abgefaßten Berichte umfassen das gesamte Gebiet der Ingenieurtechnik.

Die Zeitschrift „Technik und Wirtschaft" behandelt Fragen aus dem Gebiet der Industriewirtschaft. Im Vordergrund standen auch im vergangenen Jahre die sich aus der amerikanischen Wirtschaft für Deutschland ergebenden Fragen, die unter Berücksichtigung der beiderseitigen verschiedenen Lebensbedingungen beleuchtet wurden, um Richtlinien für die Anwendung amerikanischer Rationalisierungsbestrebungen in Deutschland herauszuarbeiten. Die Bestrebungen des Deutschen Normenausschusses sowie des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit, die dahin zielen, die Verlustquellen im deutschen Wirtschaftsleben auszuschalten, finden in „Technik und Wirtschaft" tatkräftige Unterstützung. Ein andres Hauptgebiet ist die wirtschaftliche Ausbildung der Ingenieure.

Das Sondergebiet von „Technik und Wirtschaft" ist die sogenannte exakte Wirtschaftsforschung, mit Beiträgen zur Frage der Rentabilität von Unternehmungen, zur Konjunkturforschung sowie zum Verkehrswesen.

Der „Maschinenbau" wendet sich vor allem an einen großen Kreis von Lesern innerhalb der Betriebe der Maschinenbauanstalten. Demgemäß werden besonders Fragen der Betriebsorganisation sowie Bearbeitungsverfahren und das große Gebiet der Arbeitsvorbereitung behandelt. Der Teil „Wirtschaft" enthält in erster Linie Arbeiten wirtschaftspolitischer und statistischer Art sowie wirtschaftliche und handelspolitische Aufsätze allgemeiner Art, soweit sie für den Maschinenbau von Interesse sind. In Fachheften wurden im vergangenen Jahr Fragen der Normung sowie des Schmiedebetriebes behandelt; ein Sonderheft über „Zerspanung" wurde herausgegeben.

Mit dem „Maschinenbau" verbunden sind die DIN-Mitteilungen und die AWF-Mitteilungen.

Die Zeitschrift „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" behandelt das wichtige Gebiet des Baues und Betriebes von Dampfkesseln und Feuerungsanlagen sowie der Behandlung der Brennstoffe. Insbesondere werden Maßnahmen der Betriebskosten durch verfeinerte Kraft- und Wärmewirtschaft in den Industrien, im Gewerbe und in Gebäuden erörtert.

Die „Forschungshefte auf dem Gebiete des Ingenieurwesens" enthalten vorwiegend ausführliche Berichte über wichtige Versuche, die in den Laboratorien der Technischen Hochschulen und andern Ingenieurlaboratorien, zum Teil auf Anregung des Wissenschaftlichen Beirates des Vereines deutscher Ingenieure hin ausgeführt werden. Unter diesen sind zu nennen: fünf Arbeiten auf dem Gebiete der Strömungslehre, zwei Arbeiten über das Ziehen von Hohlkörpern, eine Arbeit über die kritische Drehzahl von Turbinenwellen, die in der Nachgiebigkeit des Ölpolsters im Lager ihre Ursache hat. Viele Arbeiten konnten trotz ihres wertvollen Inhalts aus Mangel an Geldmitteln nicht herausgegeben werden.

Die „Zeitschrift für Metallkunde" veröffentlichte die Ergebnisse der Arbeiten der Fachausschüsse der deutschen Gesellschaft für Metallkunde, insbesondere der Ausschüsse für Aluminium und Leichtlegierungen und für Spritzguß, deren Arbeiten sich über fünf Jahre erstreckten. Außerdem wurden größere Arbeiten über andre Nichteisenmetalle und Legierungen gebracht. Zwei wichtige Fachhefte erschienen im vergangenen Jahre, nämlich „Säurefeste Legierungen" und „100 Jahre Aluminium".

Die Zeitschrift „Technik in der Landwirtschaft" ist auf einen Leserkreis eingestellt, der sich zum Teil aus Ingenieuren, zum Teil aus praktischen Landwirten zusammensetzt. Es werden deshalb allgemeine technische Fragen, auch wirtschaftlicher Art, neben dem eigentlichen Landmaschinenwesen behandelt. Dieser Zeitschrift sind die „Mitteilungen landwirtschaftlicher Maschinen-Prüfungsanstalten" angegliedert, auch ist es gelungen, diese Zeitschrift zum Organ der auf Veranlassung des Reichsernährungsministers groß ausgebauten gemeinnützigen Motorpflugüberwachung zu machen.

In der „Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik" wurden bedeutsame wissenschaftliche Arbeiten, hauptsächlich über schwierige Aufgaben der Festigkeitslehre, der Hydraulik, Thermodynamik und Elektrizitätslehre veröffentlicht.

Schließlich sind noch die Technischen Auslandzeitschriften „Engineering Progress" und „Progreso de la Ingenieria" zu nennen, deren Aufgabe es ist, ausländischen Lesern, die der deutschen Sprache nicht mächtig sind, eine Reihe von Aufsätzen aus unsern verschiedenen Zeitschriften zur Kenntnis zu bringen, wobei der technische Fortschritt an der Hand der Leistungen der deutschen Industrie in Wort und Bild festgehalten werden soll.

Auf technisch-geschichtlichem Gebiet wurde durch Auswertung geschichtlicher Aufsätze, die in den führenden in- und ausländischen Zeitschriften erschienen sind, sowie durch Vorarbeiten für eine neue Auflage des biographischen Handbuches „Männer der Technik" wertvolle Arbeit geleistet. Ferner wurden Unterlagen über die heute noch in Deutschland vorhandenen Zeugen alter Technik gesammelt, um die vom Deutschen Museum ausgehenden Bestrebungen, wertvolle technische Kulturdenkmäler an Ort und Stelle zu erhalten, zu unterstützen. Auf die wesentlichen geschichtlichen Veröffentlichungen außer dem regelmäßig erscheinenden Jahrbuch „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie" ist bereits hingewiesen. Zu erwähnen ist noch, daß sich der V. d. I. an der Gründung der Agricola-Gesellschaft beteiligte, die bezweckt, das alte technische Werk Georg Agricolas „De re metallica", Basel 1556, erstmalig in deutscher Ausgabe zu veröffentlichen.

Der Buchverlag des Vereines hat im vergangenen Jahr außer zehn Forschungsheften und vier Sonderheften unserer verschiedenen Zeitschriften 29 Bücher herausgebracht, wobei der Gesichtspunkt einer gesunden Abgrenzung gegen den freien Privatverlag im Auge behalten wurde. An grundlegenden Erstveröffentlichungen sind zu nennen: „Die Wasserbaulaboratorien Europas", die vom V. d. I. auf Veranlassung eines amerikanischen Wasserbauingenieurs herausgegeben wurden, sowie Prof. Sachsenbergs Buch über „Wirtschaftliches Verpacken", das ein im Schrifttum gänzlich neues Gebiet behandelt. Außerdem sind die geschichtlichen Veröffentlichungen „Verein deutscher Ingenieure 1856 bis 1926" und die Biographie von Grashof zu erwähnen. Erstere Schrift gibt einen Überblick über Entwicklung, Verfassung und Verwaltung des Vereines sowie über die Arbeitsgebiete und die Organisationen, die mit ihm zusammenhängen.

Arbeitsausschüsse des Vereines deutscher Ingenieure

Von den Arbeitsausschüssen ist in erster Linie der Wissenschaftliche Beirat zu erwähnen, der aus 12 Mitgliedern unter dem Vorsitz des Kurators besteht. Seine Aufgaben, seine engere Gliederung und seine Tätigkeit sind in dem nachstehenden besonderen Bericht (S. 718 dieses Heftes) ausführlich behandelt.

Die „Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure" hatte zur Zeit des Jahresberichtes (30. März) 35 Ortsgruppen, heute sind es bereits 36. Die Arbeit wird durch Vortragsabende, Fachgruppensitzungen und besonders durch Ausbildungskurse geleistet. Eine Reihe von Arbeiten, deren Ergebnisse von besonderem Wert für die im Betriebe tätigen Ingenieure sind, wurden abgeschlossen, z. B. Ermittlung von Erfahrungswerten und Rechnungsgrundlagen (Stanzerei, Feinmechanik, Schmieden usw.). Eine bedeutende, im vergangenen Halbjahr aufgenommene Arbeit betrifft die Verlustquellen in der Industrie. An den Arbeiten haben sich die Ortsgruppen in großer Zahl beteiligt. Es wurden im Laufe des Jahres zwei betriebstechnische Tagungen veranstaltet.

Die „Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft" hat sich in erster Linie die Aufgabe gestellt, auf die Landwirte aufklärend zu wirken, um eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Betriebe herbeizuführen. An dieser planmäßigen Arbeit sind die Ortsgruppen dieser Arbeitsgemeinschaft rege beteiligt. Außerdem hat sich der ATL-Lehrmitteldienst als wirksames Mittel zur technischen Befruchtung des landwirtschaftlichen Unterrichtswesens bewährt. Er bietet dem Landwirtschaftslehrer die Möglichkeit, sich mit der Maschinen- und Gerätekunde, die bei der fortschreitenden Mechanisierung der Landwirtschaft eine immer größere Bedeutung einnimmt, vertraut zu machen. Außerdem hat die Arbeitsgemeinschaft die Durchführung bestimmter, der Rationalisierung des landwirtschaftlichen Betriebes dienender Aufgaben übernommen. In der Bereitstellung der für dieses umfangreiche Programm notwendigen Mittel wurde der V. d. I. durch das Reichsernährungsministerium und den ihm angeschlossenen Reichsausschuß für Technik und Landwirtschaft sowie durch das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit entlastet.

Dem Verein deutscher Ingenieure angeschlossene Körperschaften

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde. Das Arbeitsgebiet ist durch das über die „Zeitschrift für Metallkunde" Gesagte gekennzeichnet. Die Arbeiten werden von mehreren Ausschüssen und Unterausschüssen geleistet. Eine Reihe bemerkenswerter Vorträge wurden veranstaltet. Die Gesellschaft nimmt besonders regen Anteil an den Arbeiten des Fachnormenausschusses für Nichteisenmetalle, dessen Geschäftsführung vom Geschäftsführer der Gesellschaft ausgeübt wird.

Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen. Im Vordergrunde der Tätigkeit steht die Förderung der Rationalisierungsbestrebungen im Bauwesen; deswegen wurden auch die im Winter 1925/26 in der Ortsgruppe Brandenburg gehaltenen Vorträge über dieses Thema in Buchform an alle Mitglieder und darüber hinaus an beteiligte Kreise verbreitet. An der im Oktober 1926 gegründeten „Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung im Bauwesen" ist die Gesellschaft führend beteiligt. Eine andre Frage, der die Gesellschaft ihre besondere Aufmerksamkeit widmet, ist die der wirtschaftlichen Ausbildung des akademischen Berufnachwuchses. Außerdem ist die Gesellschaft an der Durchführung von Forschungsarbeiten und an wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet des Bauingenieurwesens beteiligt.

Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen. Es wurden Lehrmittel verschiedenster Art, teils technischen Inhalts, teils von allgemeiner Bedeutung veröffentlicht. Ferner wird die Zeitschrift „Technische Erziehung" als Organ des im Jahre 1925 gebildeten Arbeitsausschusses für Berufsausbildung herausgegeben. Der Deutsche Ausschuß veranstaltete mehrere Tagungen, die sich zahlreichen Besuches erfreuten. Er gehört dem „Deutschen Ausschuß für Erziehung und Unterricht" als Mitglied an und ist in dessen Geschäftsführung mit tätig.

Reichsausschuß für Arbeitzeitermittlung. Die Lehrmittel für die Ausbildung von Stückzeitrechnern wurden durch Fertigstellung der Ergänzungsmappe für „Spanabhebende Formung" sowie der Mappe für Gießereiwesen bedeutend vermehrt. Ferner wurden Arbeiten auf den Fertigungsgebieten Feinmechanik, Stanzereitechnik, Schmieden, Holzbearbeitung sowie „Handarbeit als Hauptzeit" weitergeführt. Im vergangenen Jahre wurden von den verschiedenen örtlichen Kuratorien 23 Ausbildungskurse für Stückzeitrechner veranstaltet, die von 660 Teilnehmern besucht wurden.

Deutscher Normenausschuß. Die Arbeiten dieses Ausschusses sind bekannt; es genügt die Feststellung, daß die Normung bereits über den engen Kreis der Industrie weit in die Wirtschaft eingedrungen ist. Sie hat viele Gegenstände des täglichen Bedarfs erfaßt, z. B. hauswirtschaftliche Geräte, Koffer, Konservenbüchsen, gleichfalls die zur Krankenpflege gebrauchten Gegenstände. Die Normungsarbeiten in der Industrie, im Maschinenbau, Bauwesen, Elektrotechnik, Lokomotivbau, Textilindustrie im Bau landwirtschaftlicher Maschinen usw. nehmen ihren Fortgang.

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik. Hauptaufgabe ist neben der Förderung der Forschung auf dem Gebiete der Stoffkunde die Ausarbeitung von Prüfverfahren und Lieferbedingungen für die wichtigsten in der Technik verwendeten Werkstoffe. Im Oktober 1926 haben in Zürich Vorbesprechungen über eine Neugründung des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik stattgefunden.

Deutscher Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine. Dieser Verband umfaßt 28 Mitgliedvereine mit insgesamt rd. 100 000 Einzelmitgliedern. Im Vordergrunde stand die Vorbereitung der deutschen Beteiligung an der Sondertagung der Weltkraftkonferenz in Basel sowie die Durchführung der sich an diese Tagung anschließenden Arbeiten. An zweiter Stelle standen die Bemühungen, die Arbeiten für die Herausgabe neuer Bände der „Illustrierten Technischen Wörterbücher" wieder in Gang zu bringen. Die Eingabe des Deutschen Verbandes an den Reichskanzler aus dem Jahre 1924 wegen der Zusammenfassung der technischen Aufgaben in einem Reichsministerium (der öffentlichen Arbeiten) ist im vergangenen Jahr erneuert worden.

Zum Schluß sei noch auf die Auslandstelle hingewiesen, der es obliegt, die Beziehungen zwischen dem Gesamtverein und der ausländischen Ingenieurwelt zu pflegen.

Erwähnt sei ferner, daß sich der Mitgliedbestand des Vereines deutscher Ingenieure am 1. Januar 1927 auf 29 414 belief. [V 453]

Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates

am 11. März 1927 im Ingenieurhause, Berlin.

Verhandlungsleiter: Herr Lippart.

Anwesend: vom Wissenschaftlichen Beirat die Herren Föttinger, Knoblauch, Lorenz, Plank, Prandtl;

vom Vorstande die Herren: Wendt, de Thierry, Bauersfeld, Blaum, Bretschneider, Grießmann, Heidebroek, Jucho, ter Meer;

von den wissenschaftlichen Ausschüssen die Herren: Füchsel, Hort, Jakob, v. Mises, Ruths;

die Vereinsdirektoren Hellmich und Matschoß;

von der Geschäftstelle die Herren Adrian und Kroll.

Entschuldigt fehlten die Herren v. Bach, Goerens, Köttgen, Petersen, Scholz, Möring, Schlesinger.

Vor Eintritt in die Tagesordnung gedenkt der Vorsitzende in warmen Worten des lebenslänglichen Mitgliedes des Wissenschaftlichen Beirates, Herrn v. Bach, der am 8. März den 80sten Geburtstag begehen konnte. Der Wissenschaftliche Beirat sendet an den Jubilar folgendes Glückwunschtelegramm:

> „Vorstand und Wissenschaftlicher Beirat senden aus ihrer gemeinsamen Sitzung Ihnen die herzlichsten Glückwünsche. Wir sind erfreut, aus dem Bericht unseres Kurators entnehmen zu können, daß Sie die schwere Krankheit glücklich überwunden haben und nunmehr in alter Frische an Wissenschaft und Technik teilnehmen können."

Weiter beglückwünscht der Vorsitzende Hrn. Knoblauch, der am 16. März auf die 25jährige Leitung des Instituts für technische Physik in München und zugleich auf die Vollendung seines 65. Lebensjahres zurückblicken konnte. Hr. Knoblauch verweist in seinem Dank auf die Förderer

nisch-wissenschaftlicher Forschung, insbesondere auf die rstützung, die der Wissenschaftliche Beirat seit seiner etzung vor 27 Jahren den Forschern hat angedeihen n.

Der Vorsitzende dankt Hrn. Knoblauch für die e der Anerkennung, die er der Tätigkeit des Wissenftlichen Beirates gezollt hat, und erinnert daran, daß m die hohe und verantwortungsvolle Aufgabe anver- ist, die geistigen Kräfte der deutschen Technik zu ungsvoller Gemeinschaftsarbeit zusammenzufassen. Hierst unentbehrlich ein aufmerksames Verfolgen aller wishaftlichen Probleme, die in der Technik auftauchen, Eingliederung in ein planvolles Zusammenspiel der ligten Fachgebiete und eine zweckmäßige Ausbildung Formen, in der sich dieses Zusammenspiel verwirklichen .

Alle Einrichtungen des Vereines deutscher Ingenieure darauf abgestellt, diesen Zielen zu dienen. Der Grundnke, der durch den Verein verwirklicht ist, liegt darin, er aus eigener Kraft Mittel für das Erreichen dieses s heranschafft; er ist der Treuhänder für die freige Steuer, die sich die freie Wirtschaft zur Gemeinftslösung technisch-wissenschaftlicher Aufgaben auft. In dieser von staatlichem und politischem Einfluß Art unabhängigen Stellung des Vereines deutscher nieure beruht seine Stärke.

Nachdem der wissenschaftliche Beirat seine Aufgabe bet unter ein so hohes Ziel gestellt hat, ist eine Entwick- eingeleitet worden, die, heute erst in den Anfängen nbar, in ihrer umfassenden Bedeutung aber nicht hoch g gewertet werden kann. Die Formen, in der sich die icklung vollzieht, sind von der verschiedensten Art.

Wir erkannten die steigende Bedeutung des Werkffes auf allen Gebieten der schaffenden Technik und lossen, als ersten Auftakt für eine große Gemeinschaftst auf diesem Gebiete die Veranstaltung einer Werkfftagung, die getragen wird durch eine Zweckinschaft der führenden wissenschaftlichen Verbände.

Für die planmäßige Beobachtung und Pflege abgeschlos- Wissenschaftsgebiete hat es sich als zweckmäßig eren, die jeweils maßgebenden Forscher an Technischen schulen, wissenschaftlichen Instituten und aus der is zu zwanglosen Aussprachen zusammenzuführen. Die n Versuche dieser Art sind recht befriedigend ausge- n und ermuntern dazu, diese Form der Gemeinschaftsit weiter auszubilden. Ich erinnere an die Tagungen für raulik, Wärmeforschung, Getriebelehre und Schwinsforschung über die nachher noch eingehender berichtet en wird.

In steigendem Maße wachsen Zweige der industriellen gung aus dem mehr oder weniger handwerklichen Zu- l in den Aufgabenkreis des Ingenieurs. Hier gilt es, die ligten Kreise, nämlich Theorie und Praxis, Erzeuger Verbraucher, zur Gemeinschaftsarbeit zusammenzun. Ich darf auf die Fachausschüsse für Schweißtech- Anstrichtechnik und Schmiedetechnik hinweisen. Der in deutscher Ingenieure ist stets bereit, Wünschen, die den Fachkreisen in dieser Hinsicht an ihn gelangen, in Form zweckmäßiger Arbeitsgemeinschaften zu enthen.

Hr. Adrian berichtet über den

Stand der Forschungsarbeiten,

mit Unterstützung des V. d. I. im verflossenen Jahr auf verschiedenen Gebieten durchgeführt wurden. Es ist mehr als 50 Versuchsreihen gearbeitet worden. Der i Anfang 1927 ist folgender:

Im Jahre 1926 abgeschlossene Versuche

r.-Ing. Zumbusch, Stettin: Flüssigkeitsreing rotierender Zylinder.

Zur literarischen Verwertung der Arbeit soll noch eine ematische Nachprüfung ausgearbeitet werden.

eh.-Rat Knoblauch, München: Wärmeübertagung in Luftschichten durch Konktion.

Über die Ergebnisse wurde in der Sitzung des Wärmehusses am 8. Januar 1927 berichtet, s. Archiv für änewirtschaft Bd. 8 (1927) Heft 2.

eh.-Rat Knoblauch, München: Einfluß des ärmeüberganges auf die Temperaturessung.

Besonders erkannt wurde der Einfluß der Wärmeüberrzahl von dem zu untersuchenden Mittel auf das Meßt, s. Z. Bd. 69 (1925) Sonderheft „Technische Mechanik“.

4. Geh.-Rat Knoblauch, München: Versuche mit Zerstäubern schwerer Brennöle.

Es wurden vier Spritzvergaser und zwei Druckzerstäuber untersucht. Bei der größten verwandten Luftgeschwindigkeit im Saugrohr ergab sich für einen der untersuchten Vergaser ein mittlerer Durchmesser der Petroleumtröpfchen von 0,004 mm, s. Forschungsheft Nr. 279.

5. Preisausschreiben des V. d. I.: Kritische Übersicht der Schwingungs-Meßmethoden.

Drucklegung der Preisarbeiten ist in Vorbereitung; Ein Auszug der Arbeit von Steuding ist in Z. Bd. 71 (1927) S. 605 erschienen, ein weiterer Auszug folgt demnächst.

6. Dr.-Ing. Rimarski, Berlin: Reinheitsgrad von Azetylen und Sauerstoff.

Bericht ist in Vorträgen und Zeitschriften erstattet. Besondere Drucklegung wird vorbereitet.

7. Prof. Eberle, Darmstadt: Strahlung von Baustoffen.

Der Einfluß von Veränderungen der untersuchten Stoffe mit der Temperatur, z. B. Zusammenbacken von Gichtstaub und damit verbundenes Auftreten reflektierender Flächen, wurde erkannt.

8. Prof. Gottwein, Breslau: Zerspanungsversuche.

Die Versuche zur Bestimmung der Temperatur der Stahlschneide sind abgeschlossen und im „Maschinenbau“ Bd. 4 (1925) S. 1128, Bd. 5 (1926) S. 505 und Sonderheft „Zerspanung“ S. 26 veröffentlicht.

9. Prof. Berndt, Dresden: Nachbehandlung von Bohrlöchern.

Die Versuche wurden auf Bohrungen verschiedener Wanddicke aus Flußstahl, zwei Sorten von Gußeisen, Rotguß und Weißmetall ausgedehnt. Eine Veröffentlichung steht bevor.

10. Prof. Rötscher, Aachen (Dr. Mathar): Spannungsverteilung in Schubstangenköpfen.

Überraschend war namentlich der große Einfluß des Spieles, den der Bolzen im Stangenkopf hat. Die zweite wichtige allgemeine Feststellung ist, daß die Spannungen im Falle völlig dicht anliegenden Bolzens verhältnisgleich mit der Belastung wachsen, daß dies aber nicht zutrifft, wenn der Bolzen Spiel hat.

11. Prof. Flügel, Danzig: Strömungsversuche an Krümmern.

Es wurden durchgeführt: Versuche an Krümmern, bei denen der Austrittquerschnitt gleich dem Eintrittquerschnitt war, ferner an sich erweiternden und an sich verengenden Krümmern. Festgestellt wurde bei den Versuchen in erster Linie der Energieverlust, ferner der Druckverlauf an der inneren und äußeren Wandung, der bei einem Sonderversuch noch besonders eingehend geprüft wurde. Weiterhin wurde der Druck- und der Geschwindigkeitsverlauf bei ideeller Strömung durch Ausmessung elektrischer Felder bei entsprechenden Randbedingungen bestimmt, um den Vergleich mit der wirklichen Strömung durchführen und nach Möglichkeit eine einfache Rechnungsgrundlage zur Vorausbestimmung von Krümmungsverlusten finden zu können. In eingehender Weise wurde schließlich noch die Geschwindigkeits- und Energieverteilung am Endquerschnitt der untersuchten Krümmer geprüft.

12. Prof. Eberle, Darmstadt: Einfluß des Speisewassers auf das Kesselblech.

Die Versuche sind mit verschiedenen Speisewässern, insbesondere mit kalihaltigen Wässern durchgeführt. Ein Bericht über einen Teil der Arbeiten ist in der Bach-Festschrift erschienen.

13. Dr.-Ing. Cammerer, Berlin: Rechentafeln für wirtschaftlichste Isolierstärke.

Zur Schaffung der notwendigsten Unterlagen wurde der Anwärm- und der Abkühlvorgang für mittlere geordnete Verhältnisse experimentell untersucht und daraus ein einfacher Berechnungsgang aufgebaut.

14. Geh.-Rat Seidl, Berlin: Zerdrück- und Zerreißversuche mit Gesteinen.

Beim Zerdrücken verschiedenartiger von ebenen Flächen begrenzter Körper ergaben sich als Leitkurven der freigelegten Restkörper Hyperbeln. Diese lassen nach den bislang durchgeführten Berechnungen eine mathematische Behandlung der Aufgabe erhoffen.

15. Prof. Jakob, Charlottenburg: Messung großer Gasmengen.

Die vorläufigen Ergebnisse der Messungen an Rohren bis zu 600 mm Dmr. sind in der Neuauflage der „Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren" veröffentlicht worden. Die Versuche wurden inzwischen in den Röchlingschen Eisen- und Stahlwerken in Völklingen an Rohren bis zu 1000 mm Dmr. fortgesetzt. Insgesamt hat sich die Untersuchung auf 10 Normaldüsen und 35 Normalstauränder ausgedehnt.

16. Prof. Gerngroß, Charlottenburg: Leimprüfung.

Das Greinersche Glutinometer wurde durch folgende Neuerungen verbessert: a) Anbringung einer Arretier- und Auslösvorrichtung für den Stempel; b) genaue Zentrierung des Aufnahmetellers für das Gallertengefäß; c) Anbringung einer Mikrometerschraube zwecks allmählicher Annäherung der Gallertoberfläche an den belasteten Stempel.

17. Ing. Thun, Berlin: Zeitdehner für Aufnahmen schnell verlaufender Vorgänge.

Das Gerät wurde fertiggestellt und bereits zur Aufnahme einiger Vorgänge, z. B. Funkenbildung bei elektrischen Schaltern, benutzt.

B. Anfang 1927 noch im Gang befindliche Versuche

1. Prof. Frank, Berlin: Alterserscheinungen an Schmierölen und Bewertung der Schmieröle.

Ein 400tägiger Dauerversuch an Lagerschmierölen mit zwei Vergleichslagern wurde beendet. Die Versuche über Einwirkungen von Treibstoffen auf Zylinderschmieröle sind begonnen für Spiritus, Motalin und Mischungen.

2. Prof. Föttinger, Charlottenburg: Strömungsvorgänge an den Schaufelenden treibender und getriebener Turbinenräder.

Die Apparatur ist im Bau, die Versuche werden voraussichtlich in den nächsten Monaten beginnen.

3. Dr.-Ing. Siemann, Bremen: Dehnungsmessungen an Schiffskörpern.

Die Probefahrt mit der „Barbara" am 17. und 18. Juli 1926, bei der mit Hilfe der Dehnungsfernmessung der Rotorschub nach Größe und Richtung sowie die Verteilung des Antriebes auf die einzelnen Rotoren gemessen werden sollte, hatte ergeben, daß die Dehnungsfernmesser durch Anbringen von Bleigewichten zu Beschleunigungsmessern hergerichtet werden können. Da aber zur Aufnahme von Schiffsbewegungen insgesamt vier bis fünf Beschleunigungsmesser erforderlich sind, so blieben zur Spannungsmessung nur ein bis zwei Meßgeräte verfügbar. Mit Rücksicht auf diesen Mangel in der Ausrüstung wurde die Teilnahme an der Mittelmeerreise zurückgestellt.

Die drei älteren Dehnungsfernmesser werden im Bereich der senkrechten Außenhautseitenwand des Schiffes in Höhe der neutralen Achse zwischen den Spanten eingebaut und dienen zur Aufnahme der dem jeweiligen Wasserdruck entsprechenden Durchbiegung der Außenhaut. Diese Kurven und die Beschleunigungskurven werden unter Zuhilfenahme des Brückenumschalters und nur einer einzigen Meßschleife des sechsschleifigen Oscillographen aufgenommen.

4. Prof. Jakob, Charlottenburg: Verdampfungswärme des Wassers oberhalb 10 at.

Die bisherigen Versuche ergaben folgende Zahlenwerte: bei 180 °C beträgt die Verdampfungswärme $L = 481{,}4$ kcal/kg, bei 210 °C beträgt die Verdampfungswärme $L = 455{,}0$ kcal/kg. Die Versuchswerte wurden mit den Rechnungswerten nach Clausius-Clapeyron verglichen.

5. Geh.-Rat Knoblauch, München: Wärmeübertragung strömender heißer Luft an Rohre und Rohrbündel im Kreuzstrom.

Versuche an wasserdurchflossenen glatten und aufgerauhten Kreisrohren, gegen die heiße und stark durchwirbelte Luft strömte, zeigten den Einfluß der Durchwirbelung und Aufrauhung auf den Wärmeübergang. Weiter wurden elektrisch geheizte und durch strömende Luft gekühlte Rohre elliptischen und tropfenförmigen Querschnittes untersucht, die in Rohrbündeln mit gradliniger und versetzter Rohranordnung angebracht waren.

6. Geh.-Rat Knoblauch, München: Versuche mit einem Dampfkessel für 120 at Betriebsdruck zur Bestimmung von C_p.

Einem elektrisch geheizten, stehenden Kessel mit einem Wasserraum von etwa 0,75 m³ wird die zu untersuchende Dampfmenge von rd. 25 kg/h entnommen. Die genaue Regelung der elektrischen Heizung des Kessels arbeitet einwandfrei.

7. Dr.-Ing. Raisch, München: Wärmeleitu[ng] feuerfester Steine bei Temperaturen üb[er] 500° und Abbrand der Steine.

Die Meßanordnung ist fertiggestellt. Die Versuche [zur] Bestimmung der Wärmeleitzahl feuerfester Stoffe bei T[em]peraturen bis rd. 1000° sollen in Kürze beginnen.

8. Prof. Schmidt, Danzig: Gesamtstrahlu[ng] von Kohlensäure und Wasserdampf [bei] hoher Temperatur.

Die Messungen an Wasserdampf sind im Gange.

9. Geh.-Rat Knoblauch, München: Ergänzu[ng] der Thomaschen Modellversuche an Dam[pf]kesselmodellen.

Es wurden bisher Einzelrohre verschiedenen Durchm[es]sers an gewöhnlichen und versetzten Rohrbündeln untersu[cht].

10. Prof. Esau, München: Dämpfung von Scha[ll]schwingungen in Werkstoffen.

Die Vorversuche sind abgeschlossen. Die Messun[gen] an Metallen haben begonnen.

11. Prof. Memmler, Dahlem: Untersuchung v[on] Metallstäben auf Schwingungs-Dau[er]beanspruchung.

Die Versuchsmaschine wurde aufgestellt und nach F[er]tigstellung des Zubehörs (Antrieb, Kabel, Meßtisch) in [Be]trieb genommen.

12. Prof. Jakob, Charlottenburg: Wärmeleitfäh[ig]keit von Metallen.

Es sind Einrichtungen getroffen worden, mit denen [die] Wärmeleitzahl dünner Metallstäbe bis 100° C auf ±2 [...] genau gemessen werden kann.

13. Dir. Rüster, München: Verbrennungsv[or]gänge in Dampfkesselfeuerungen.

Zunächst wurde die Temperatur der Rostoberfläche [...] der Brennstoffschicht in halber Höhe sowie die Luftdu[rch]lässigkeit dieser Schicht gemessen.

14. Geh.-Rat Knoblauch, München: Wasserumla[uf] in Dampfkesseln.

In Modellversuchen wurde die Abhängigkeit der Was[ser]geschwindigkeit beim Eintritt in ein elektrisch behei[ztes] Rohr von der Beheizung festgestellt.

15. Prof. Woernle, Danzig: Systemati[sche] Drahtseilversuche.

Die Versuche werden im Februar 1927 in Stuttgart f[ort]gesetzt.

16. Prof. Loschge, München: Einwalzversu[che] mit Rohren.

Durch Messung der Formänderung der Rohre beim [Aus]sägen der Platte, in die die Rohre eingewalzt wurden, k[ann] die Spannungsverteilung im Rohr ermittelt werden.

17. Prof. Pfleiderer, Braunschweig: Versuche [an] Kreiselpumpen und Kreiselverdichte[rn].

Es werden untersucht: a) Strömungsverhältnisse [...] einer marktgängigen Kreiselpumpe; b) Einfluß des [...]einanderstellens der Schaufeln bei Zugrundelegung loga[rith]mischer Spiralen; c) eine Pumpe mit drehbaren [Leit]schaufeln. Die Versuche zu c) sollen zuverlässige Zah[len]unterlagen für die Beurteilung des Wertes der Drehbar[keit] der Leitschaufeln von Kreiselpumpen und allgemein w[ich]tige Aufschlüsse über die Größe des Eintrittstoßes lief[ern]. Sie sind, soweit sie an einer 80 PS-Pumpe der Ma[...] Schwartzkopff-Werke durchgeführt werden, abgeschlosse[n].

18. Dr.-Ing. Kehrmann, Köln: Strömungsv[er]hältnisse an Pumpenventilen.

Die Vorversuche sind abgeschlossen. Die Hauptversu[che] werden nunmehr durchgeführt.

19. Prof. v. Mises, Berlin: Funktionentafe[ln] [und] Literaturverzeichnis.

Abgeschlossen ist die Aufnahme der vorhandenen Ta[feln] über Besselsche Funktionen, elliptische Funktionen [und] Kugelfunktionen. Als nächste Aufgabe ist die Aufna[hme] der Tafeln, die in der Statistik und Wahrscheinlichk[eits]rechnung gebraucht werden, geplant.

20. Dipl.-Ing. Kantner, Wittenberge: Einfluß v[on] Umhüllungen der Schweißstäbe auf [die] Güte der Schweißung.

Es werden Versuche mit umhüllten deutschen und [aus]ländischen Schweißstäben mit eigenen und von Firmen [herge]stellten Schweißern durchgeführt.

21. Dr.-Ing. Neese, Essen-Altenessen: Richtlinien für die Bewertung des Schweißgerätes bei elektrischer Schweißung.

Messungen mit Oscillographen sind an einigen Stellen bereits ausgeführt worden.

22. Staatliches Materialprüfungsamt, Dahlem: Feuerfestigkeit von Werkstoffen verschiedener Art.

Flamm- und Brennpunktbestimmungen werden als Maßstab zur Beurteilung der Feuersicherheit vorgenommen.

23. Staatliches Materialprüfungsamt, Dahlem: Eigenschaften von Bekleidungsstoffen.

Untersuchungen über die Einwirkung der Verarbeitung auf Wolle sind eingeleitet.

24. Staatliches Materialprüfungsamt, Dahlem: Eigenschaften von Holz und dergl.

In Angriff genommen sind Untersuchungen über Lochlaibungsdruck und Tragfähigkeit bei verschiedenen Bolzendurchmessern und bei wechselndem Winkel zwischen Kraft- und Faserrichtung an Kiefernholz.

25. Prof. Betz, Göttingen: Winddruckmessungen an Modellen.

Bisher wurden folgende Versuche ausgeführt: a) Winddruck auf Gebäudemodelle mit wagerechtem Dach, mittlerer Höhe und einem Seitenverhältnis 1 : 4; b) auf Gebäudemodelle mit einem Dach von 40 ° Neigung, mittlerer Höhe und den Seitenverhältnissen 1 : 4, 1 : 2 und 1 : 1.

Die bisherigen Ergebnisse decken sich teilweise mit den Ergebnissen der Versuche von Eiffel, weichen aber in verschiedenen Punkten erheblich davon ab. Besonders auffällig ist das abweichende Verhalten des Gebäudes mit quadratischem Grundriß. Während die senkrecht getroffenen Langseiten der Grundrisse im Verhältnis 1 : 4 und 1 : 2 an den Rändern noch Überdrücke von rd 50 vH aufweisen, zeigen sich bei dem quadratischen Grundriß an den beiden Rändern Unterdrücke von 50 bis 70 vH.

26. Prof. Baumann, Stuttgart: Systematische Untersuchung der Schraubensicherungen.

Die Versuchseinrichtung ist fertiggestellt und die Arbeit aufgenommen.

27. Prof. Schlesinger, Charlottenburg: Drehversuche an Werkstoffen des Maschinenbaues.

Bisher wurden Versuche mit Werkstoffen von 35 und 65 kg/mm² Festigkeit ausgeführt. Außerdem wurde an diesen Werkstoffen der Einfluß der Kühlung untersucht, was neuartige Aufschlüsse gegeben hat.

28. Prof. Jakob, Charlottenburg: Kondensation von Heiß- und Sattdampf.

Bei gleichem Druck und gleicher Wandtemperatur ging bei Satt- und Heißdampf ungefähr die gleiche Wärmemenge an das Versuchsrohr über. Das Vorhandensein der von Nußelt vorausgesetzten Wasserhaut wurde durch den Versuch nachgewiesen und ihre Dicke wurde berechnet.

29. Prof. O. Föppl, Braunschweig: Dämpfungsfähigkeit von Baustoffen.

Die Veränderung, die ein bestimmter Baustahl infolge von viel millionenfach wiederholten Drehschwingungen erfährt, wurde näher untersucht, s. Z. Bd. 70 (1926) S. 1291.

30. Prof. Burchartz, Dahlem: Bestimmung der Korngröße feinster Teilchen in technischen Mehlen.

Die bisherigen Versuche erstreckten sich auf Zement, Hohenbockaer Sand und Kohlenstaub. Bei Zement wurden z. B. folgende Fraktionen abgeschieden: 10 μ, 10 bis 20 μ, 20 bis 40 μ und 40 bis 60 μ. Versuche, noch feinere Korngrößen abzuscheiden, sind im Gange. Parallel zu den Versuchen nach dem Windsichtverfahren werden Untersuchungen mit der Absitzeinrichtung nach Wiegner ausgeführt. Die Versuche werden fortgesetzt.

31. Dr.-Ing. Hilliger, Zehlendorf: Ölprüfungen.

Es werden untersucht: a) Stockpunkt technischer Öle; b) Flammpunkt; c) Gehalt an Hartasphalt.

32. Prof. Rötscher, Aachen (Dipl.-Ing. Tellers): Spannungsverteilung in Kegelkolben.

Die Aufgabe ist rechnerisch durchgearbeitet und die Vorrichtung zur Nachprüfung der Rechnung an der Hand eines ausgeführten Stahlgußkolbens zusammengebaut.

33. Oberbaurat Bardtke, Wittenberge: Richtlinien für die Prüfung von Schweißarbeiten.

An etwa 60 Stellen der Industrie sind nach einheitlichem Plan Versuche eingeleitet, deren Abschluß 1927 zu erwarten ist.

34. Prof. Sachsenberg, Dresden: Räumnadelversuche.

Die Räumnadeln sind angefertigt; eine Versuchsreihe ist bereits durchgeführt worden. Die Meßvorrichtung ist den neuen Versuchsreihen angepaßt.

35. Geheimrat Cranz, Charlottenburg: Ausbau des Verfahrens hochfrequenter Bildaufnahmen.

Die Versuchseinrichtungen für die Aufnahme von 100 000 Bildern in der Sekunde sind fertiggestellt.

36. Prof. Flügel, Danzig: Mischvorgänge in Strahlapparaten.

Das Geschwindigkeits- und das Druckfeld, das bei der Einströmung eines Wasserstrahles von 30 mm Dmr. in eine gerade runde Rohrleitung von 200 mm Dmr. entsteht, wurden genau ausgemessen und ausgewertet.

37. Prof. Nádai, Göttingen: Elastizitätsversuche mit rechteckigen Platten.

Nach längeren Vorversuchen und Vorarbeiten ist die Vorrichtung jetzt eingestellt, die Kraft- und Längenmeßgeräte sind geeicht und die elastischen Konstanten des Werkstoffes sehr genau ermittelt worden. Den Versuchen sind langwierige Rechnungen vorangegangen, die die spätere Grundlage für viel bequemere Verfahren zur Berechnung von rechteckigen Platten für die Ingeniure bilden sollen.

C. Neue Anträge

1. Dipl.-Ing. Kantner, Wittenberge: Röntgen-Untersuchungen von Schweißarbeiten.

Beantragte Summe 3000 ℳ. Die Arbeiten sehen vor: Überwachung der Schweißarbeit mittels eines praktisch auszubildenden Röntgen-Verfahrens. Statt mit photographischen Aufnahmen soll die Schweißung mit Hilfe von Fluoreszenz-Schirmen unmittelbar untersucht werden.

Der Fachausschuß für Schweißtechnik wird in seiner nächsten Sitzung zu den Versuchen Stellung nehmen. Der Kurator wird ermächtigt, nach Äußerung des Fachausschusses über den Antrag zu entscheiden.

2. Ausschuß für Wärmeforschung: Selektive Strahlung von Kohlensäure und Wasserdampf bei hohen Temperaturen.

Die Versuche wurden bereits 1926 als wichtig und dringlich erklärt. Der Antrag wird grundsätzlich genehmigt. Es soll jedoch festgestellt werden, ob an andrer Stelle derartige Arbeiten schon vorgesehen sind.

3. Dr.-Ing. Siemann, Bremen: Versuche mit Dehnungsmessern an Schiffskörpern.

Zur Fertigstellung der beiden neuesten Dehnungs-Fernmesser wird noch eine Restsumme von 45 ℳ erbeten. Für weitere Dehnungsmesser und eine Meßreise werden insgesamt 2200 ℳ beantragt. Da die Marineleitung inzwischen für diese Versuche an Siemann 2000 ℳ gegeben hat, glaubt der wissenschaftliche Beirat von der Bereitstellung einer größeren Summe absehen zu können. Die nachträglich erbetenen 45 ℳ werden bewilligt.

4. Prof. Nádai, Göttingen: Weiterführung der Elastizitätsversuche.

Beantragt werden monatlich 400 ℳ auf die Dauer eines halben Jahres, also insgesamt 2400 ℳ. Bisher wurden vom V. d. I. an Prof. Nádai für Arbeiten gleicher Art bereits 2650 ℳ gezahlt. Der Antrag wird genehmigt.

5. Prof. Graf, Stuttgart: Systematische Versuche mit gegliederten Holzstützen über Einfluß der Verschraubung, Verdübelung usw.; Untersuchung über Feuerschutz neuzeitlicher Holzkonstruktionen.

Beantragt werden insgesamt 4000 ℳ. Die Durchführbarkeit der Versuche soll mit dem Forscher noch näher geklärt werden. Der Kurator wird ermächtigt, über die Bewilligung von Mitteln zu entscheiden.

6. Dr. Schiller, Schweinfurt-Oberndorf: Studien über den Kläreffekt und seine Verbesserung bei Frischwasserkläranlagen.

Die Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft soll mit dem Forscher die Versuchsmaßnahmen vorklären und dem Wissenschaftlichen Beirat berichten. Die Entscheidung wird dem Kurator überlassen.

7. Obering. Dalchau, Bremerhaven: Entwicklung eines Neigungsmessers für Flugzeuge.

Beantragt werden 2500 ℳ. Nach gutachtlicher Äußerung einiger Mitglieder sieht der Wissenschaftliche Beirat von einer Unterstützung ab.

8. Prof. Nußelt, München: Versuche über das Klopfen von Vergaser-Maschinen.

An einem Benzinmotor von 6 PS sollen die Betriebzustände festgestellt werden, bei denen das Klopfen eintritt, wobei Zeitpunkt der Verbrennung und Stärke des Stoßes auf den Kolben zu ermitteln sind. Beantragte Summe 1800 ℳ. Der Antrag wird genehmigt.

9. Dr. Nettmann, Köln:

a) Wirkung des Farbenzerstäubers auf eine ebene Fläche bei Impulsspritzen und stetigem Spritzen.

Die Versuche sollen mit den Einrichtungen des Eisenbahn-Ausbesserwerkes in Krefeld vorgenommen werden. Beantragte Summe 3750 ℳ.

b) Wirkung eines Saugkörpers in der Spritzzone des Farbenzerstäubers.

Diese Versuche sollen in der Staatlichen Maschinenbauschule in Köln ausgeführt werden. Beantragte Summe 1800 ℳ.

Der Fachausschuß für Anstrichtechnik wird in Kürze über die Versuche beraten. Der Antrag wird grundsätzlich genehmigt und der Kurator gebeten, nach der Sitzung des Anstrichausschusses im einzelnen zu entscheiden.

10. Dr. Strelow, Hamburg:

a) Belastungsversuche an genieteten und geschweißten Parallelträgern zum Zwecke des Vergleichs der Kosten an Material und Löhnen bei der Herstellung der Träger.

b) Photographische Aufnahme des Schweißlichtbogens als Vorbereitung für kinematographische Aufnahmen, aus denen die Vorgänge im Lichtbogen zu erkennen sein sollen.

Beantragte Summen für a) 200 ℳ, für b) 250 ℳ. Der Antrag wird genehmigt.

11. Prof. Michel, Hannover: Versuche über die Resonanz und Schallaufnahme von Holzplatten und dergl. mit dem Ziele, die Hörsamkeit von Räumen im voraus zu bestimmen.

Beantragt werden 5000 ℳ. Der Antrag wird grundsätzlich genehmigt. Die Erledigung wird dem Kurator in die Hände gelegt, der nach der bevorstehenden Sitzung des Schwingungsausschusses entscheiden wird.

12. Dr.-Ing. Kuchel, Berlin: Sammlung und Bekanntgabe solcher wissenschaftlichen Versuche, die trotz sorgfältiger Durchführung zu keinem positiven Ergebnis geführt haben.

Über die Möglichkeit der Durchführung einer solchen Sammlung entspinnt sich eine lebhafte Aussprache mit dem Ergebnis, daß der Wissenschaftliche Beirat von Schritten in der Angelegenheit absieht.

Rückblick über die Bereitstellung von Geldmitteln

Von den im verflossenen Jahre für Forschungen bereitgestellten Geldmitteln sind entsprechend dem Fortschreiten der Versuche bisher rd. 50 000 ℳ abgerufen worden, rd. 20 000 ℳ stehen noch zur Verfügung der betreffenden Forscher. Seit der Gründung des Wissenschaftlichen Beirats (Ausschuß für technisch-wissenschaftliche Versuche) im Jahre 1899 bis zur Zeit der Geldentwertung sind rd. 500 000 ℳ ausgegeben worden. Für die Zeit der Inflation selbst, also etwa für die Jahre 1921 bis 1923, läßt sich eine Summe in Goldmark nicht angeben. Seit dieser Zeit sind wieder 150 000 ℳ bewilligt worden.

Mit den Mitteln konnten seit 1899 rd. 160 Forschungsarbeiten gefördert werden, also bei Abrechnung der Kriegs- und Inflationsjahre durchschnittlich 10 Arbeiten im Jahre. Dies ist auch die Durchschnittzahl der jährlich ausgegebenen Forschungshefte, in denen ein großer Teil der Versuche veröffentlicht worden ist.

Aus dem Bericht über

die Tätigkeit der Ausschüsse

ist zu vermerken:

Das bemerkenswerteste Ereignis in der Entwicklung unsrer wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit im vergangenen Jahr ist die Ausgestaltung der Ausschußsitzungen zu kleinen geschlossenen Tagungen. Man kann unsre verschiedenen Ausschüsse und Arbeitsgemeinschaften zwanglos in drei Gruppen einteilen.

Die erste Gruppe bilden die Ausschüsse, die den Fortgang der Forschung auf bestimmten mehr oder weniger eng umrissenen Fachgebieten beobachten. Sie beraten in ihren Sitzungen das Programm der einschlägigen und zur Unterstützung zu empfehlenden Forschungsarbeiten. Solche Ausschüsse bestehen sowohl für Grundlagen der technischen Wissenschaft als auch für einzelne Zweige der Technik. In diese erste Gruppe gehören z. B. die Ausschüsse für Wärmeforschung, für mechanische Schwingungen, für Hydraulik, für spangebende Formung, für Getriebelehre, für Dampfkesselwesen u. a. Ferner gehören hierher die Fachausschüsse für Schweißtechnik, für Schmiedetechnik, für Anstrichtechnik. Bei allen genannten Ausschüssen ist der Aufbau derart, daß die Mitglieder als Sachverständige, nicht als Vertreter von Interessentenkreisen und dergl. anzusehen sind. In den Sitzungen wird zu den einschlägigen Versuchsarbeiten Stellung genommen, die Forschungsarbeit selbst leistet aber der einzelne Wissenschaftler.

Neben dieser ersten Gruppe von Ausschüssen des Wissenschaftlichen Beirats ist eine zweite Gruppe von Ausschüssen zu nennen, die nicht ein Fachgebiet in seiner Entwicklung beobachten, sondern ein festgelegtes Arbeitziel erreichen wollen. Dies sind die verschiedenen Ausschüsse zur Aufstellung von Regeln für Abnahme- und Leistungsversuche an industriellen Erzeugnissen und Bauwerken. Hierher gehören z. B. die Ausschüsse für Abnahmeversuche an Verbrennungsmotoren, an Ventilatoren und Kompressoren, an Dampfanlagen, an Wasserkraftmaschinen, an Kreiselpumpen, an Kaminkühlern usw. Diese Ausschüsse haben zu Mitgliedern bevollmächtigte Vertreter der in Frage kommenden Verbände. Der Vorstand des V. d. I. beruft den Obmann. Natürlich sind neben Interessenvertretern auch unabhängige Wissenschaftler als Mitglieder der Ausschüsse tätig.

Während die Ausschüsse der ersten Gruppe zum Teil sehr groß sind, werden die Ausschüsse der zweiten Gruppe nach Möglichkeit recht klein gehalten. Bei den Ausschüssen für Leistungsversuche wird die Arbeit hauptsächlich in den Sitzungen geleistet, bei den andern Ausschüssen beruht der Fortgang dagegen auf der erfolgreichen Arbeit der einzelnen Forscher. Die Auschüsse für Leistungsversuche beendigen zunächst ihre Tätigkeit, wenn die Regeln fertiggestellt sind. Bei den andern Ausschüssen ist keine zeitliche Begrenzung nach Abschluß der von den Forschern zunächst aufgenommenen Versuche festgelegt. Mit dem Fortschritt der Technik erheischen immer neue Aufgaben die Aufmerksamkeit dieser Ausschüsse. Bei den Ausschüssen für Leistungsversuche ist das Ergebnis der Gemeinschaftsarbeit in Gestalt eines Buches oder von Tafeln und dergl. sichtbar. Bei den andern Ausschüssen ist das Ergebnis nicht literarisch geschlossen, sondern in den Veröffentlichungen der beteiligten Forscher enthalten.

Zwischen den beiden gekennzeichneten Arten von Ausschüssen stehen die Arbeitsgemeinschaften, die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure und die Arbeitsgemeinschaft „Technik in der Landwirtschaft" mit ihren verschiedenen Unterausschüssen. Diese Arbeitsgemeinschaften, die wie die andern ebenfalls Ausschüsse des Wissenschaftlichen Beirats sind, haben inhaltlich und örtlich einen so großen Umfang angenommen, daß ihnen eine eigene Geschäftsführung gegeben worden ist. Die Arbeitsgemeinschaften wirken in der Form von Ortsgruppen, die die Stellung von Ausschüssen der Bezirksvereine des V. d. I. haben. Über die Sitzungen wird jeweils in den Zeitschriften des V. d. I. berichtet.

Im verflossenen Jahre hielt der Ausschuß für Wärmeforschung als erster eine erweiterte Sitzung ab. Verhandelt wurde über einige allgemeine Fragen des Wärmedurchganges in Maschinen. Prof. Nägel, der mit Unterstützung des V. d. I. und der beteiligten Industrie die Wärmebewegung im Zylinder einer Gleichstromdampfmaschine seit längerer Zeit untersucht hat, legte die Ergebnisse seiner Messungen vor. Anregungen zu neuen Arbeiten gaben die Besprechungen über die Berechnung von Wärmespeichern und über den Wärmeübergang bei kondensierendem Heiß- und Sattdampf.

Es ist besonders das Verdienst des Obmannes, Prof. Jakob, daß diese erste kleine Tagung vom Januar 1926 einen erfolgreichen Verlauf hatte. Der Inhalt der Vorträge wird in Buchform erscheinen.

Der Ausschuß für mechanische Schwingungen hielt seine Jahressitzung im Mai 1926 in Jena ab. Ein Bericht aus der Praxis über ein neues Verfahren der Angleichung der Erregerfrequenz an die Eigenschwingungsfrequenz bei Resonanzschwingungsmaschinen leitete die Verhandlungen ein. Vertreter der reinen und der angewandten Physik, Hochschullehrer und Ingenieure der Praxis, beteiligten sich an der Aussprache.

In der Schwingungslehre wie auch in vielen andern Gebieten technischer Wissenschaft wird die Forderung nach einheitlicher Festlegung der Bezeichnungen und Zeichen immer dringender. Durch die Besprechung des in Jena vorgelegten Entwurfs der Begriffbestimmungen in der Schwingungslehre wurde die Einheitlichkeit wesentlich gefördert. Weiter konnte die Frage der Entstehung von

ffelschwingungen an Schienen durch neuere Versuche für stimmte Verhältnisse der Klärung nähergebracht werden.

Über die Ermüdungsfestigkeit von Metallen bei schwin- nder Beanspruchung wurde im vergangenen Jahre leb- ft gearbeitet. In der Jenenser Tagung war noch keine bereinstimmung der Ansichten der hierbei beteiligten For- ıer erzielt worden. Die inzwischen durchgeführten Ver- che haben wertvolle neue Unterlagen für die Schwin- ngstagung in Braunschweig gebracht, die Ende März 1927 ttgefunden hat, und über die demnächst ein Bericht an ser Stelle erscheint. Auch die Frage der Hörsamkeit von umen und die damit zusammenhängenden akustischen ıfgaben fanden im vergangenen Jahr Beachtung durch chitekten, Ingenieure und Physiker.

Ganz besonders lebhaft war die Gemeinschaftsarbeit im richtjahr im Fachausschuß für **Schweißtechnik**. e Fachtagung für Schweißtechnik im Rahmen der vor- ȷrigen Hauptversammlung war ein voller Erfolg. Die genwärtig brennendsten Fragen, nämlich die Ausbildung ıer ausreichenden Zahl von Schweißern aller Grade, also genieuren, Meistern und Arbeitern, und die Prüfung der tigen Schweißarbeit wurden besonders eingehend be- ndelt.

Die Vorträge und die Aussprache der Fachtagung für weißtechnik wurden als Sonderheft der Zeitschrift ver- entlicht.

Der **Hydraulikausschuß** hat im Berichtjahr verschiedenen Arbeitsitzungen hauptsächlich die Aufstel- ıg eines Entwurfes einheitlicher Zeichen und Bezeichnun- n in der allgemeinen Hydraulik ausgearbeitet. Der Ent- rf wurde vom Deutschen Normenausschuß übernommen. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der Strömungs- re wurden Untersuchungen an Krümmern für Wasser- aftmaschinen, an Kreiselpumpen, an Pumpenventilen. ssungen des Winddruckes auf Gebäudemodelle und ver- iedene weitere Arbeiten durchgeführt, über die die Zu- nmenstellung berichtet.

Auf Anregung aus den Kreisen der Schiffbauingenieure d im Mai 1926 eine kleine Tagung über das Thema „ehnungsmessungen" statt. Auf diesem Gebiete hat der d. I. bereits seit langen Jahren Versuche gefördert. An Aussprache nahmen nicht nur Schiffbauer teil, sondern h Sachkundige des Brückenbaues.

Auf Einladung des Wissenschaftlichen Beirates fand im rbst 1926 in Dresden eine geschlossene kleine Tagung reine und angewandte **Getriebelehre** statt. Die ten Vorträge behandelten Gelenkmechanismen und Kur- vtriebe sowie Malthesergetriebe und Sternräder. Weiter rde vorgetragen über Theorie und Anwendung von Ge- kgeradführungen, über räumliche kinematische Ketten inster Gliederzahl und über vorteilhafte Konstruktions- fahren im Getriebebau auf Grund der Übersetzungsprü- fg. Lebhafte Aussprache weckten ein Vortrag über dyna- sche Kraftepläne und ein kritischer Überblick über die ıeren Konstruktionen von Wälz- und Schraubgetrieben. hließlich fand eine eingehende Besprechung der Hoch- ullehrer statt über die Behandlung der Getriebelehre an Technischen Hochschulen in Deutschland mit Berichten r die Berücksichtigung der Getriebelehre in Dresden, rmstadt und München.

Einen Überblick über den Fortgang der **Wärmefor- shung** im Berichtjahre gab die Wärmetagung in Mün- n im Januar 1927. Die Vorträge waren als Berichte r den Stand der vom V. d. I. unterstützten Forschungs- eiten gedacht, sie wurden durch einige andre Referate änzt. In drei Halbtagen wurden insgesamt 19 Berichte tattet, an die sich jeweils eine lebhafte Aussprache an- loß. Je ein Halbtag war dem Wärmeübergang, der rmeleitung und -strahlung und der Wärmekraft ge- dmet.

Insgesamt wurden in den Sitzungen der genannten Aus- üsse im Berichtjahre mehr als 70 Vorträge gehalten. In hr oder weniger ausführlichen Berichten wurde der In- t der Vorträge in den Zeitschriften des Vereines ver- entlicht. In einigen Fällen konnten die Vorträge ganz öffentlicht werden.

Forderungen an die wissenschaftliche Betätigung des Vereines

Ir. **Hellmich** kennzeichnet die wissenschaftliche Be- gung des Vereines deutscher Ingenieure als die einer en Akademie der technischen Wissenschaften, für deren ksamkeit jeweils die zweckentsprechenden Formen zu hen sind. Damit soll keineswegs gesagt sein, daß die senschaftliche Arbeit des Vereines einen akademischen rakter im Sinne der landläufigen Bedeutung dieser Be- hnung tragen soll. Im Gegenteil, der V. d. I. legt be- deren Wert darauf, auch diejenigen Kräfte zu wecken und ihre Erfahrungen für die Allgemeinheit zu nutzen, die ohne akademische, vielleicht sogar überhaupt ohne schulmäßige Vorbildung in der schaffenden Technik erfolgreiche Arbeit leisten. Hierzu gehören auch die Meister, Vorarbeiter und Facharbeiter. Es gehören hierzu aber auch die Angehörigen der Gebiete in der Gütererzeugung, mit denen heute noch das Ingenieurwesen aus geschichtlich verständlichen Gründen wenig oder gar keine Fühlung hat, z. B. die Landwirte. Die gesamte Gütererzeugung steht unter gemeinsamen Gesetzen, und es ist dringend zu wünschen, daß die ingenieurmäßige Erziehung und Einstellung nicht beschränkt bleibt auf die klassischen Gebiete der technischen Hochschulen, nämlich den Kraft- und Arbeitsmaschinenbau.

Der Gedanke, **alle Kräfte** der schaffenden Technik für die wissenschaftliche Durchdringung von Fragen der Gütererzeugung nutzbar zu machen, ist verwirklicht in der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure und der Arbeitsgemeinschaft „Technik in der Landwirtschaft". Die Bedeutung dieser Arbeitsgemeinschaften, namentlich auch der Arbeitsgemeinschaft „Technik in der Landwirtschaft", kann nicht stark genug betont werden. Der V. d. I. setzt sich mit seinem ganzen Einfluß dafür ein, daß wir den Landwirt als gleichberechtigten und gleichwertigen Genossen in der Gütererzeugung ansehen. Es ist in deutschen Landen leider in Vergessenheit geraten, daß volkswirtschaftlich den Zweigen der Landwirtschaft eine Bedeutung zukommt, die teilweise weit über den in den letzten Jahrzehnten als maßgebend angesehenen Zweigen der Industrie steht.

Ebensowenig wie die Mitarbeiterschaft an den wissenschaftlichen Aufgaben des V. d. I. gebunden sein darf an die Mitgliedschaft beim Verein, dürfen anderseits Zuständigkeitsfragen entscheidend sein für die Zusammenarbeit des V. d. I. mit andern Körperschaften. Wenn diese aus Zweckmäßigkeitsgründen mehr oder weniger zu selbständigen Gebilden geworden sind, so sind sie doch aufgewachsen auf dem Mutterboden des V. d. I. und müssen mit ihm organisch verbunden bleiben. Nur dann wird man erreichen, daß ihre Arbeiten einander durchdringen und daß der Zusammenhang des gesamten Ingenieurwesens gewahrt bleibt. Der Verein deutscher Ingenieure hat die Aufgabe, aus den naturnotwendig stark spezialisierten Arbeiten im Ingenieurwesen das Zusammenfassende und Verknüpfende zu finden. Die bisherige Entwicklung läßt erkennen, daß die Verwirklichung dieses Gedankens der Zusammenfassung ohne Beeinträchtigung der vertieften Sonderarbeiten durchaus möglich ist. Um so entschlossener muß allen Bestrebungen entgegengetreten werden, die darauf abzielen, die geistige Zusammenfassung der deutschen Technik von dem gesunden Boden des Wirkens der fruchtbaren Kräfte freier Wirtschaft zu verlegen in Gebilde, denen von Natur aus Bindungen anhaften, die der freischaffenden Technik wesensfremd sind.

Von den Körperschaften, die bei verwaltungsmäßiger Selbständigkeit in organischer Zusammenarbeit mit dem V. d. I. stehen, seien genannt: die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, die Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen, der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen, der Deutsche Normenausschuß, der Reichsausschuß für Arbeitzeitermittlung, der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik.

Wissenschaftliche Tagungen und literarische Arbeiten

Hr. **Matschoß** berichtet über die wissenschaftlichen Tagungen im Berichtjahr:

Die **Hauptversammlung** in Hamburg hat eine reiche wissenschaftliche Ausbeute gebracht, die in den Zeitschriften des Vereins zu finden ist. Es hat sich durchaus bewährt, daß neben den gemeinsamen Vorträgen am Haupttage der Versammlung wissenschaftliche Arbeit in Fachgruppen geleistet wird.

Ende August begann die Teilsitzung der **Weltkraftkonferenz** über Wasserwirtschaft in Basel. Auch hieran hat sich der Verein maßgebend beteiligt. Über die Ergebnisse wurde kurz in der Zeitschrift des Vereines berichtet. Außerdem sind sämtliche Vorträge und Berichte in zwei Bänden erschienen[1]).

Ferner ist der Versuch gemacht worden, die engeren Fachgenossen eines Arbeitsgebietes zu geschlossenen **Tagungen** zusammenzubitten. Die Ergebnisse waren ungemein zufriedenstellend, da es sich in diesem kleineren Kreis ermöglichen ließ, die Aufgaben fachwissenschaftlich tief zu durchdringen. Solche Tagungen haben stattgefunden in Jena, Berlin, Dresden, München und Hamburg.

Es ist angeregt worden, in Berlin einmal im Jahr diese Tagungen der Ausschüsse zusammen mit der Tagung des Wissenschaftlichen Beirates zusammenzufassen. Wenn dies

[1]) „Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926", Verlag Emil Birkhäuser & Cie., Basel; Preis 125 Schw. Fr. Alleinvertrieb für das Deutsche Reich durch die VDI-Buchhandlung.

durchgeführt werden kann, so würden wir dazu kommen, daß wir neben der großen Hauptversammlung, die jedes Jahr in einer andern Stadt abzuhalten ist, zu ständigen, rein wissenschaftlichen Tagungen am Orte des Gesamtvereins kommen würden.

In ganz besonderem Maß ist die Arbeit des Vereins heut eingestellt auf die Werkstofftagung, verbunden mit einer Werkstoffschau, die vom 22. Oktober bis 13. November 1927 in Berlin durchgeführt werden wird. Die Anregung hierzu liegt schon fünf Jahre zurück. Die Erkenntnis, daß die Entwicklung der Technik in höchstem Maße von der Güte des Werkstoffes abhängt, ist heute Allgemeingut. In sehr dankenswerter Weise haben sich für diesen Gedanken und seine Durchführung der Verein deutscher Eisenhüttenleute, die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde und die großen Verbände der Elektrotechnik neben einer großen Zahl andrer wichtiger Vereine und Verbände eingesetzt. Die einheitliche gemeinsame Durchführung ist gesichert. Neben dem außerordentlich umfangreichen Vortragsprogramm wird in der großen Automobilhalle in Berlin die Werkstoffprüfung in größtem Maßstabe von ersten Fachmännern vorgeführt werden. Über diese Arbeiten wird in den VDI-Nachrichten ständig eingehend berichtet. Wir hoffen, durch die Tagung vor allem zu erreichen, daß sich in noch höherem Maß als bisher Werkstofferzeuger und Werkstoffverbraucher zu engster Gemeinschaftsarbeit zusammenfinden.

Die Veröffentlichungen des Vereines deutscher Ingenieure sind bereits im ausführlichen Geschäftsbericht erwähnt worden[2]). In diesem Zusammenhang ist noch zu sagen, daß wir in der VDI-Zeitschrift und in unsern andern Zeitschriften in erster Linie ein ungemein wichtiges Fortbildungsmittel der Ingenieure sehen. Für diesen Zweck ist die Zeitschrift geschaffen worden, und hieran müssen wir festhalten. Es ist heute wie früher unmöglich, allen den denkbar verschiedenen Wünschen gerecht zu werden. Die Schriftleitung versucht, trotz des an sich — verglichen mit dem Gesamtgebiet der Technik — sehr beschränkten Raumes, einen Überblick über Ingenieurleistungen verschiedenster Gebiete zu geben, wobei natürlich die mechanisch-technische Industrie mit ihren Leistungen im Vordergrund steht.

Immer wieder wird auch die Frage aufgeworfen, ob die Aufsätze der Zeitschrift nicht gar zu wissenschaftlich gehalten und dadurch dem Verständnis des praktischen Ingenieurs nicht mehr zugänglich sind. Es müßte die größte Besorgnis erwecken, wenn tatsächlich diese Vermutung zutreffen sollte. Dann dürfte man aber daraus nicht den Schluß ziehen, daß wir mit den Anforderungen noch weiter zurückgehen, sondern es müßte vielmehr mit größtem Ernst auch mit den zuständigen Stellen der Technischen Hochschulen erörtert werden, wie man die unbedingt für die Fortschritte in der Industrie erforderliche wissenschaftliche Grundlage verbessern könnte.

Diese Fragen, die hier ganz kurz gestreift wurden, sind im Laufe der Zeit immer wieder erneut Gegenstand eingehender Erörterungen im Vorstand und Wissenschaftlichen Beirat sowie auch innerhalb der Bezirksvereine gewesen. Sie haben dazu geführt, daß man sich vor 26 Jahren entschloß, für die umfangreichen, sehr tiefgehenden wissenschaftlichen Arbeiten, die nur für einen kleinen Kreis von Forschern in Frage kommen, die Forschungshefte zu gründen. Von der Bedeutung di[...] Forschungshefte sind wir auch heute überzeugt und [...]dauern nur, daß auch hier die wirtschaftliche Lage [...]hindert, diese Arbeiten in dem Umfang herauszugeben, [...] es, vom wissenschaftlichen Gesichtspunkt aus geseh[...] wünschenswert wäre. Wir hoffen sehr auf eine Un[...]stützung dieser wichtigen Arbeiten durch die Notgeme[...]schaft der deutschen Wissenschaft und arbeiten auch fer[...] daran, durch innere Organisation die Kosten her[...]zudrücken, um so besonders unter den Studierenden [...] Technischen Hochschulen die Verbreitung der Forschun[...]hefte zu fördern. Wir würden hier schneller vorankomm[...] wenn es gelänge, auch die Verfasser zur Berücksichtig[...] bestimmter Grundsätze zu veranlassen.

Hr. Hellmich erörtert die Möglichkeit der V[...]billigung der Forschungshefte und erklärt die Bereitwil[...]keit des VDI-Verlages, Doktorarbeiten Technischer H[...]schulen in einfachem Gummidruckverfahren zum Sel[...]kostenpreis herzustellen.

In der weiteren Aussprache wird der Wunsch geäuß[...] Richtlinien für die zweckmäßige Form wissenschaftlic[...] Veröffentlichungen zu geben. Der Umfang der Arbei[...] muß auf das Notwendigste beschränkt werden; Zahlenw[...] sollen möglichst in Schaulinien gegeben werden.

Gemäß dieser Anregung wird die Geschäftsstelle [...] Entwurf eines Merkblattes für wissenschaftliche Aufsä[...] aufstellen.

Der Vorsitzende teilt mit, daß der Vorstand [...]schlossen hat, das durch die Geldentwertung verlorene V[...]mögen der Bach-Stiftung durch Zuweisung [...] 20 000 M aufzuwerten. Die Herren v. Bach und Mör[...] werden als Rechnungsprüfer wiedergewählt.

Der Vorstand hat weiter die Verwaltung einer von F[...] Geheimrat Klingenberg zum Andenken an ihren [...] 7. Dezember 1925 verstorbenen Gemahl, Geh. Bau[...] Prof. Dr. phil., Dr.-Ing. E. h. Georg Klingenbe[...] errichteten Stiftung übernommen, deren Zweck die Un[...]stützung würdiger und befähigter Studierender an deutsc[...] Technischen Hochschulen ist.

Die satzungsgemäß am 31. Dezember 1927 aus d[...] Wissenschaftlichen Beirat ausscheidenden Herren Kö[...]gen und Petersen sind vom Vorstand für ein weite[...] Jahr als Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats gewä[...] worden.

Zum Schluß der Sitzung fand eine teilweise re[...] lebhafte Aussprache über die Möglichkeit statt, die Dopp[...]bedeutung der Bezeichnung „Kilogramm“ für die Kraft [...] für die Masse in den Fällen, wo Zweifel aufkommen könn[...] zu beseitigen. Der Vorsitzende des Ausschusses f[...] Einheiten und Formelgrößen hatte dem Wiss[...]schaftlichen Beirat den Vorschlag unterbreitet, die Unt[...]scheidung durch einen hochgesetzten Zeiger vorzunehm[...] und zwar:

für die Kraft . . . . . . kg*
und für die Masse . . . . . kg†.

Die Aussprache führt zu dem Ergebnis, daß der Wiss[...]schaftliche Beirat empfiehlt, in dem Falle, wo eine näh[...] Kennzeichnung der Bezeichnung „Kilogramm“ erforderl[...] erscheint, zu benutzen:

für die Kraft . . . . . . kg_p,
für die Masse . . . . . . kg_m.

[N 342]

[2]) s. S. 717 dieses Heftes.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7, — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

D. 71 | SONNABEND, 28. MAI 1927 | NR. 22

Hauptversammlung Mannheim-Heidelberg 1927

Die Industrie in Mannheim und seiner Umgebung

Von Dr.-Ing. Kurt W. Geisler, Berlin

Die allgemeine Geschichte Mannheims — Die Vorbedingungen zur industriellen Entwicklung: Mannheim als Kunst-, Handels- und Industriestadt — Die einzelnen Unternehmungen, ihre Geschichte und ihre Leistungen — Die gemeinnützigen technischen Einrichtungen Mannheims

Allgemeines[1])

Unter den Industriestädten Südwestdeutschlands steht Mannheim an ganz hervorragender Stelle. Erst verhältnismäßig spät ist die Stadt in die Ge-…ichte eingetreten, vergl. Zahlentafel 1. Während des …ttelalters, als das nördlich gelegene Frankfurt bereits …e große Rolle spielte, war Mannheim nur ein Dorf. …s, was heute Mannheim zum Vorteil gereicht, die …ge zwischen den beiden Flüssen Rhein und Neckar, …r damals ein Hindernis. Bevor man diese beiden Flüsse …gulierte, brachen sie bald rechts, bald links aus, über-…wemmten weite Strecken des Landes und verwandelten … in Sümpfe. Erst eine weiter vorgeschrittene Technik …stattete, hier, nahe der Neckarmündung, eine Stadt zu …ünden.

Um 1600 wird die Bedeutung der Lage des damaligen Dorfes Mannheim erkannt. 1606 ist das eigentliche Gründungsjahr Mannheims als Stadt. Friedrich IV. von der Pfalz gibt in den Gründungsprivilegien seiner Ansicht Ausdruck, daß Mannheim für den Kaufhandel sehr günstig gelegen sei. In der Tat zeigte sich bald, wie sehr er recht hatte. Mannheim, inmitten einer an Bodenschätzen armen Gegend gelegen, wurde beherrschende Handelsstadt, und der Warenhandel sowie die Armut an Bodenschätzen sind es auch, die der später aufkommenden Industrie ihre Entwicklungsrichtung gegeben haben.

Anfänglich allerdings nahm die Geschichte Mannheims keinen günstigen Verlauf. Die Stadt, die mitten in einem Gebiet stärkster politischer Verwirrung lag, fiel zweimal (1622 und 1689) den Kämpfen zum Opfer; die Festung wurde zerstört und von den Wohnhäusern blieb

[1]) Vergl. Mannheim, Samml. Deutsche Städte, Stuttgart 1922.

Zahlentafel 1. Zeittafel zur Geschichte Mannheims

1606 17. März: Grundsteinlegung zur befestigten Stadt Mannheim durch Kurfürst Friedrich IV. von der Pfalz.

1622 Mannheim durch Tilly zerstört.

1652 Artikel 12 der Mannheimer Privilegien schreibt Zunftfreiheit vor.

1669 Wilhelm Tautphäus, Bacharach, erbaut in Mannheim eine „Fliegende Brücke", die erste Rheinfähre dieser Art.

1689 Zerstörung der Stadt Mannheim durch die französischen Truppen Ludwigs XIV.

1690 Mitglieder der Familie Vögele, Mannheim, sind in der Hofhammerschmiede tätig.

1700 Wiederaufbau Mannheims.

1720 Durch Übersiedelung des Kurfürsten Karl Philipp wird Mannheim pfälzische Residenz.

1720 bis 1777 Mannheim kurpfälzische Residenz mit rd. 25 000 Einwohnern.

1728 Zunftordnung für die Handelsinnung.

1736 Gründung einer staatlichen Tabakfabrik in Mannheim durch den Spanier Pancorbo.

1743 bis 1799 Regierungszeit des Kurfürsten Karl Theodor.

1745 gab es in Mannheim folgende Zünfte: Bäcker, Bierbrauer, Chirurgen, Glaser, Gold- und Silberschmiede, Gürtler, Zinngießer, Hafner, Hutmacher, Knopfmacher, Kübler, Küfer, Kürschner, Leineweber, Maurer, Metzger, Schieferdecker, Schmiede, Schneider, Schreiner, Schuhmacher, Seiler, Spengler, Strumpfwirker, Tüncher, Ziegler, Zimmerleute (der Vollständigkeit halber seien noch die Zünfte der Fischer, Gärtner, Handelsleute und Schiffer erwähnt, die nicht zum Handwerk gehören). In den folgenden Jahren kamen hinzu: die Buchbinder, Drechsler, Nagelschmiede, Perückenmacher und Seifensieder.

1755 Porzellanmanufaktur Frankenthal gegründet.

1765 Vertrag der kurpfälzischen Regierung wegen Lieferung von Saarkohlen.

1776 Gründung eines physikalisch-meteorologischen Instituts.

Johann Jakob Hemmer errichtet hier die ersten Blitzableiter.

1778 Übersiedelung des Kurfürsten Karl Theodor von Mannheim nach München (Aussterben der bayrischen Linie, Erbanfall Bayerns).

1780 Gründung der Essigfabrik J. Louis Haas, Mannheim.

1790 Die Firma F. Widmann & Sohn, Aluminiumapparatebau, Mannheim (G. m. b. H. 1921), gegründet.

1795 Beschießung Mannheims durch österreichische Belagerungsgeschütze. Mannheim ist von französischen Revolutionstruppen besetzt.

1799 Kapitulierung Mannheims.

1801 Der Zirkelschmied Johann Schweizer sen. läßt sich in Mannheim nieder und legt den Grund zur Firma Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, der ältesten Maschinenfabrik der Stadt Mannheim.

1802 Mannheim wird badisch.

1817 Karl von Drais, der Erfinder des Fahrrades, macht mit seiner „Laufmaschine" die ersten Fahrten in den Straßen Mannheims.

1822 Anlegung eines Landungs- und Ladeplatzes in der Rheinschanze bei Ludwigshafen, gegenüber Mannheim.

Entschluß Maximilian Josephs, Königs von Bayern, zur Gründung der Stadt Ludwigshafen.

1825 Das erste Dampfschiff kommt auf dem Rhein nach Mannheim.

1827 Der Leitgraben für den Friesenheimer Durchstich wird ausgehoben.

1834 1. Januar: Der große preußisch-deutsche Zollverein tritt zunächst auf acht Jahre ins Leben.

1836 Gründung der Firma Vögele durch Joseph Vögele in Mannheim.

1837 Die Baursche Buchdruckerei (Inh. Gottfried Krug) wird gegründet.

1840 Eröffnung der ersten Eisenbahnlinie Badens, Strecke Mannheim – Heidelberg.

Feierliche Einweihung des Hafens von Mannheim.

1845 Fertigstellung einer festen Brücke (Kettenbrück über den Neckar.

Die Rheinschanze erhält nach dem König Ludwig den Namen Ludwigshafen.

1846 Eröffnung der Main – Neckar-Bahn.

1850 Die Spiegelmanufaktur Mannheim-Waldhof wird g gründet (1851 Baubeginn).

1851 Die Chemische Fabrik von Gebrüder Giulini (erst Ludwigshafener Fabrik, Alaun- und Tonerdefabr kation) wird gegründet.

Die Stadt Mannheim führt Gasbeleuchtung ein.

1852 Die Schiffs- und Maschinenbau-A.-G., Mannhein (Sondergebiet: Schwimmbagger) wird gegründet.

1854 Verein Chemischer Fabriken in Mannheim gegründ durch Vereinigung der Aktiengesellschaften „Ch mische Fabrik Neuschloß" und „Chemische Fabri Wohlgelegen bei Mannheim und Heilbronn".

1855 Die Chemische Fabrik „Rhenania", A.-G., wird g gründet.

1858 Gründung der Weinsteinsäurefabrik der Firma Jo Ad. Benckiser.

1859 Die Firma C. F. Boehringer & Söhne, G. m. b. Mannheim-Waldhof, gegründet.

1860 Die Firma Heinrich Lanz, Mannheim, (gegründ 1859) ist in einem Gartenhaus in der Schwetzing Vorstadt untergebracht, beschäftigt zwei Arbeiter i einer Ausbesserwerkstatt.

Die Firma Albert & Cie., A.-G., Schnellpressenfabri Frankenthal, durch Andreas Albert mit zehn Arbe tern gegründet.

Erteilung der Genehmigung an Friedrich Engelhor für den Betrieb einer Farbenfabrik auf dem Jun busch, einem im Nordwesten von Mannheim in d Nähe des Neckars gelegenen Gelände.

Zunftvorstände sprechen sich gegen die Gewerbefre heit aus.

1860 bis 1870 Regulierung von Rhein und Neckar.

1861 Aktienbrauerei Ludwigshafen gegründet.

8. Juni: Gründung der Chemischen Fabrik Dycke hoff, Clemm & Co., offene Handelsgesellschaft, ers Anilinfabrik Deutschlands, Keimzelle der später Badischen Anilin- und Soda-Fabrik.

1862 Am 15. Oktober tritt das Landesgewerbegesetz i Kraft; alle Zunftschranken fallen.

Durch Auswirkung des Friesenheimer Durchstic kann die Schiffahrt den kürzeren Weg zwischen Rhe und Neckar benutzen.

Die Düngerfabrik Michel & Cie. gegründet.

1863 Austritt Dyckerhoffs aus der Firma Dyckerhoff, Clem & Co. Die Firma heißt von jetzt ab: „Sonnta Engelhorn & Clemm".

Der Vorstand der bisherigen Handelsgenossenscha wird als Handelskammer bestätigt.

1864 Fusionsvertrag zwischen dem Verein chemischer F briken und der Fabrik Sonntag, Engelhorn & Clem

1865 Anstoß zur Gründung des Badischen Revisions-Ve eins in Mannheim durch eine Explosion der Brauer „Zum großen Mayerhof".

1865 6. April: Gründung der Badischen Anilin- und Sod fabrik.

10. Mai: Konzession der pfälzischen Regierung fü die Errichtung der Badischen Anilin- und Soda-Fabr in Mannheim.

1. Juli: Die Fabrik Sonntag, Engelhorn & Clem wird auf Rechnung der Badischen Anilin- und Sod Fabrik übernommen.

Ankauf eines Fabrikgeländes für die Badische An lin- und Soda-Fabrik auf der andern Seite des Rhei stromes bei Ludwigshafen.

Grundsteinlegung zur neuen Rheinbrücke in Man heim.

1866 6. Januar: Gründung des Badischen Revisionsverei in Mannheim unter Mitwirkung des Großh. Bezirk amtes Mannheim und der Handelskammer der Sta Mannheim. Die „Gesellschaft zur Überwachung u Versicherung von Dampfkesseln mit dem Sitze Mannheim" ist die erste ihresgleichen in Deutsc land und auf dem europäischen Festlande.

Zeittafel zur Geschichte Mannheims (Fortsetzung)

1867 Die Firma Lanz nimmt die eigene Fabrikation auf.
25. Februar: Eröffnung der Rheinbrücke in Mannheim für den Eisenbahnverkehr.

1868 Die Rheinbrücke bei Mannheim wird dem Straßenverkehr übergeben.

1869 4. Juli: Gründung des Mannheimer Bezirksvereins des Vereines deutscher Ingenieure.

1870 1. Januar: Heinrich Lanz nimmt die Erzeugung landwirtschaftlicher Maschinen auf.

1871 Die Firma Klein, Schanzlin & Becker A.-G., Frankenthal (Pfalz), gegründet.
Die Firma Stachelhaus & Buchloh, Mannheim, gegründet.

1872 Übersiedelung der Boehringer-Engelhornschen Chininfabrik von Stuttgart nach Mannheim.
1. September: Die Firma Bopp & Reuther wird in Mannheim-Waldhof gegründet.
Die Ludwigshafener Walzmühle wird gegründet (seit 1872 in Frankenthal betrieben).

1873 Die Chemische Fabrik Rheinau, A.-G., wird gegründet.
Die Badische Anilin- & Soda-Fabrik, Ludwigshafen, wird Aktiengesellschaft.

1878 Korksteinfabrik von Grünzweig & Hartmann gegründet.

1880 Der erste, von Werner von Siemens gebaute elektrische Aufzug der Welt ist auf der Mannheimer Pfalzgau-Ausstellung im Betrieb.
Eröffnung der Riedbahnlinie nach Frankfurt.

1881 Die Maschinenfabrik von Gebr. Sulzer wird als Zweigniederlassung des in Winterthur in der Schweiz seit 1834 bestehenden Stammhauses in Ludwigshafen gegründet.

1882 bis 1884 Die Boehringersche Fabrik wird nach dem Waldhof bei Mannheim verlegt.

1883 Erfindung des künstlichen Korksteines, Firma Grünzweig & Hartmann, Ludwigshafen a. Rh.
Die Firma Benz & Cie. wird in Mannheim gegründet (sechs Arbeiter).

1884 Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Mannheim.
Eintragung der Zellstoffabrik Waldhof A.-G., Mannheim, in das Handelsregister.

1885 Der erste Benzwagen macht seine Versuchsfahrten in Mannheim.
Abermalige Erweiterung des Mannheimer Hafens durch Anlage des Binnenhafens.

1886 Die Chemische Fabrik Rheinau, A.-G., wird geteilt. Die Säure- und Sodafabrik übernimmt die „Chemische Fabrik Rhenania", Aachen. Die Chemikalienabteilung geht in den Besitz der neugegründeten „Aktiengesellschaft für Chemische Industrie" über (A. C. I.).
Die Chemische Fabrik Knoll & Co. wird gegründet.

1889 Geburtsjahr der ersten Rotationsdruckmaschine der Firma Albert & Cie., Mannheim.
Umwandlung der Firma Albert, Frankenthal, in eine Aktiengesellschaft.

1890 Die Badische Anilin- & Soda-Fabrik errichtet eine Anlage zur Durchführung des Schwefelsäure-Kontaktverfahrens.

1891 Die Tiefbauunternehmung Grün & Bilfinger, Mannheim, wird gegründet. Sie ist entstanden aus dem Wasserbaugeschäft von August Bernatz.
Bau der ersten Steinkohlen-Brikettfabrik am Oberrhein im Binnenhafen, Mannheim, durch die Firma Stachelhaus & Buchloh.
Einweihung der an Stelle der Kettenbrücke erbauten Friedrichsbrücke.

1895 Die Ludwigshafener Walzmühle wird Aktiengesellschaft.
Die Fabrik von Bopp & Reuther wird nach Mannheim-Waldhof verlegt und durch eine Eisengießerei erweitert.
Entstehung der Schiffs- und Maschinenbau-A.-G. Mannheim.

1897 bis 1899 Das Elektrizitätswerk Rheinau bei Mannheim wird am Rheinau-Hafen erbaut.

1899 Die Benzwerke werden in eine Aktiengesellschaft umgewandelt.
Die Sunlicht-Gesellschaft, A.-G., Mannheim, geht aus der Firma Sunlight Seifenfabrik hervor.
Das städtische Elektrizitätswerk Mannheim, am Industriehafen gelegen, wird in Betrieb genommen.

1900 Der Betrieb der Firma Stahlwerk Mannheim, A.-G., wird aufgenommen.

1901 Das Hammerwerk tritt zu der Firma Stahlwerk Mannheim, A.-G., hinzu.
Bei der Errichtung der Handwerkskammern bestehen vier Innungen und zwölf freie Vereinigungen mit insgesamt 952 Mitgliedern.

1903 Die Firma Kunheim & Co., Berlin, erwirbt die gesamte Fabrikanlage der Aktiengesellschaft für Chemische Industrie.
Übernahme des Rheinauhafens durch den Staat.

1904 Zustandekommen der ersten Interessengemeinschaft zwischen der Badischen Anilin- und Sodafabrik, den Farbenfabriken in Elberfeld (später Leverkusen) und der Agfa in Berlin.

1906 Umwandlung der Firma Grün & Bilfinger in eine Aktiengesellschaft.

1907 Erbauung der zweiten Neckarbrücke, etwa 1 km weiter stromabwärts von der ersten Brücke.

1909 Die erste Tiefdruckmaschine der Firma Albert & Cie., Frankenthal, wird gebaut. Die 10 000ste Maschine dieses Werkes geht in die Welt.

1910 19. Juni: Die ersten Stahlflaschen mit 5 kg technisch hergestelltem synthetischen Ammoniak werden in der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik gefüllt.

1913 Die neue Fabrik der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik kommt in dem Dorfe Oppau bei Ludwigshafen mit einer Leistungsfähigkeit von etwa täglich 25 t Ammoniak in Betrieb.

1914 Die Firma Thyssen legt in Mannheim einen besonderen Hafen für ihren Kohlenumschlag an.
Das Ludwigshafener Werk des Sulzer-Konzerns wird selbständige Aktiengesellschaft.

1915 Zusammenschluß der acht deutschen Teerfarbenfabriken zu einer großen Interessengemeinschaft.

1920 Fusion des Vereins Chemischer Fabriken mit der 1855 gegründeten A.-G. „Chemische Fabrik" in Aachen zu der Firma „Rhenania" Verein Chemischer Fabriken, A.-G., Zweigniederlassung in Mannheim, Sitz in Aachen.

1921 Das Werk der Motorenwerke Mannheim wird als selbständige Firma von der Firma Benz & Co. abgetrennt. Das Großkraftwerk Mannheim, A.-G., wird von der Stadt Mannheim, den Pfalzwerken, der Neckar-A.-G. und dem Badenwerk gegründet.

1922 Die Firma Kunheim wird Aktiengesellschaft unter dem Namen „Chemische Fabriken Kunheim & Co., A.-G.", Rheinau.

1924 Die Enzinger-Union-Werke entstehen durch Zusammenschluß der Enzinger-Werke, A.-G., und der Union-Werke, A.-G., Fabriken für Kellereimaschinen.

1925 Zusammenschluß der Lanz-Werke, Mannheim, mit der Firma R. Wolf, Magdeburg-Buckau. R. Wolf, A.-G., Magdeburg-Buckau, übernimmt den Bau der Lanz-Lokomobilen. Lanz, Mannheim, übernimmt den Bau der Wolf-Dreschmaschine.
Bildung der I.-G. Farbenindustrie, deren Grundstock die Ludwigshafener Werke bilden, und die die gewichtigsten Betriebe der chemischen Großindustrie Deutschlands umfassen.

1926 1. Januar: Die Firma Lanz, Mannheim, wird Aktiengesellschaft.
23. Dezember: Die Friedrich-Ebert-Brücke über den Neckar bei Mannheim wird dem Verkehr übergeben.
Entstehung der Daimler-Benz-Aktienges., Werk Mannheim, durch Verschmelzung der Firma Benz & Cie. mit der Daimler-Motoren-Gesellschaft.

1927 26. bis 29. Mai: Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Mannheim-Heidelberg.

kein Stein auf dem andern. Erst zum Beginn des 18. Jahrhunderts blüht die Stadt von neuem auf. Das Stadtbild erhält mit Rücksicht auf den Bau der Festung und mehr noch durch eine Laune des Fürsten jenes rationalistische Gepräge, das wir sonst nur noch im amerikanischen Städtebau beobachten

Der rechte Grundstein zu der späteren Bedeutung Mannheims wurde aber dadurch gelegt, daß die Stadt den pfälzischen Fürsten als Residenz diente. Der Höhepunkt der damaligen Entwicklung fällt in die Regierungszeit Karl Theodors, der bis 1778 in Mannheim seinen Sitz hatte. Kunst und Wissenschaft blühen in der Stadt, und der Wohlstand der Bürger nimmt in erheblichem Maße zu. Er bildet neben der günstigen geographischen Lage die eigentliche Grundlage zu der späteren Entwicklung Mannheims als Handelsstadt.

Diese Entwicklung konnte erst in vollem Maß einsetzen, als die Technik die neuen Verkehrsmittel des Dampfschiffes und der Eisenbahn schuf. Während die Handelsstädte des Mittelalters, Augsburg, Frankfurt, Köln u. a., durch die Entwicklung der Verkehrsmittel nicht in so hohem Maße gefördert wurden, und während eine große Anzahl andrer Städte ihre Bedeutung beim Auftauchen dieser neuen technischen Möglichkeiten infolge der Verschiebung der Verkehrswege einbüßte, verdankt Mannheim ihnen seine eigentliche Entwicklung. Jetzt trat die vorzügliche Lage Mannheims als Umschlagstelle der Handelsgüter hervor und seine vorzügliche Verkehrslage zu allen am Rhein gelegenen Städten sowie zu den Orten des Saargebietes und Frankreichs.

Die Kunststadt Mannheim wird so in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zur Handelsstadt. Der deutsche Zollverein, die Eröffnung der Dampfschiffahrt auf dem Rhein, der Bau der Eisenbahn, der Beginn der Hafenbauten und der Flußkorrektionen werden uns als die Grundlagen der neuen Entwicklung angegeben.

Abb. 1 Die Verteilung der Industrie in den Städten des Landes Baden. Zahl der Betriebe und der Beschäftigten in den einzelnen Gewerbezweigen

Heute ist die Handelsstadt Mannheim von der Industriestadt Mannheim abgelöst worden. Besonders eine Industrie ist es, die sich auf der Grundlage des Handels ungewöhnlich gut entwickeln konnte, die chemische Industrie. Rechnet man Ludwigshafen hinzu, so findet man, daß in und um Mannheim eine chemische Industrie in einem Ausmaß entstehen konnte, wie sonst kaum in Deutschland. Die chemische Industrie, die die Grundlage für das Entstehen vieler Hilfsindustrien bildet, konnte sich in der Tat kaum irgendwo anders so gut ausbilden. Sie ist nicht wie die Schwerindustrie auf das Vorhandensein von Kohlen und Erz angewiesen. Sie braucht Rohstoffe in großer Mannigfaltigkeit und erzeugt Fertigstoffe, die nach allen Teilen der Welt gehen sollen.

Damit soll nun aber nicht gesagt sein, daß nicht auch andre Industriezweige hier Tüchtiges leisten. Sie sind zum Teil älter als die chemische Industrie und vielleicht zahlenmäßig überlegen. Aber diese andern Unternehmungen des Maschinenbaues und der Elektrotechnik finden sich in den übrigen Industriemittelpunkten Deutschlands auch. Sie sind deshalb nicht als das eigentliche Kennzeichen in der industriellen Entwicklung Mannheim-Ludwigshafens anzusehen. Beachtet man aber die wirtschaftliche Bedeutung der chemischen Industrie dieser Gegend, die hier geleistete wissenschaftliche und praktische Arbeit, die die

Aufmerksamkeit der ganzen Welt auf sich lenkt, die außerordentlich starke Ansammlung des Kapitals in dieser Industrie und die Tatsache, daß die chemische Industrie in diesem ganzen Gebiet als stärkster Arbeitgeber der mechanischen Industrie auftritt, so wird man die Behauptung nicht übertrieben finden, daß die chemische Industrie Mannheim-Ludwigshafens, wenn man die Größen- und Wertverhältnisse in andern deutschen Städten vergleicht, hier eine ganz überragende Rolle spielt.

Abb. 1 zeigt besonders deutlich die Vielseitigkeit der Mannheimer Industrie und die überragende Stellung Mannheims innerhalb des Landes Baden. Man bemerkt in Abb. 1 u. a. auch die verschiedenen Industriemittelpunkte des Landes: im Südwesten die Textilindustrie, östlich von Freiburg die Uhrenindustrie, nahe Freiburg und Mannheim die Tabakindustrie, im Süden und im Norden bei Mannheim die chemische Industrie, endlich bei Mannheim und Karlsruhe die Schwerpunkte der metallverarbeitenden Industrie. Kennzeichnend sind insbesondere die über das ganze Land zerstreuten Kleinbetriebe. Diese Betriebe sind z. B. in der Tabakindustrie so zahlreich, daß bei der Darstellung dieser Industriegruppe in Abb. 1 mehrere Einzelbetriebe vereinigt werden mußten, um eine gute Darstellung zu ermöglichen. Abb. 1 ist hier auf Grund der in dem Buche „Die Industrie in Baden“[1a]) enthaltenen zahlreichen Karten zusammengestellt.

Abb. 2
Werke der I.-G. Farbenindustrie Ludwigshafen und Oppau

Die industriellen Unternehmungen

Die in und um Mannheim angesiedelten Industrien gehören den verschiedensten Zweigen an: Die chemische Industrie, die Landmaschinenindustrie, die Großmaschinenindustrie, die Bauindustrie sind ebenso in dieser Gegend vertreten wie Fabriken für Armaturen, Druckmaschinen, Kraftwagen. Bezeichnend ist, daß größere Firmen des Werkzeugmaschinenbaues in diesem Gebiete fehlen.

I.-G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft. Werke: Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen und Oppau[2])

Die beiden Werke Ludwigshafen und Oppau der I.-G. Farbenindustrie A.-G., Abb. 2 und 3, bilden ihrer Ausdehnung nach eine Stadt für sich. 5½ km zieht sich längs des linken Rheinufers ihr Gelände hin, und mannigfach sind die Erzeugnisse, die die Werke verlassen.

[1a]) Verlag G. Braun, Karlsruhe 1926.
[2]) „Die Badische Anilin- und Sodafabrik“, Selbstverlag 1924, und Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie Bd. 15 (1925) S. 294.

Die Chemie der Farbstoffe bildet die Grundlage der Ludwigshafener Betriebe, die Düngemittelherstellung die Grundlage der Oppauer Werke. Selbstverständlich verlassen aber auch anorganische Produkte die Ludwigshafener Fabrik, die zum Teil als Nebenerzeugnisse abfallen.

Bereits bei der Gründung der Farbenfabrik ergab sich, daß möglichst große Unabhängigkeit in Preis und Bezug anorganischer Hilfsstoffe für eine günstige Entwicklung notwendig sei, und so entschloß man sich, solche Stoffe selbst herzustellen. In dem Namen „Anilin- und Sodafabrik“ kamen dann sogleich diese beiden Seiten der Fabrik deutlich zum Ausdruck. 1865, als die Badische Anilin- und Sodafabrik gegründet wurde, waren bereits zahlreiche Ansätze der Teerfarbenchemie vorhanden, und auch die andern Firmen bestanden bereits, aus denen die heutige Unternehmung hervorgehen sollte. Schon 1861 war die Firma „Chemische Fabrik Dyckerhoff, Clemm & Co.“ gegründet worden, die die erste Anilinfabrik Deutschlands war und die Keimzelle der späteren Badischen Anilinfabrik darstellt. Nach mancherlei Umgestaltungen und Verlegung des Werkes nach dem damals noch sehr unscheinbaren Orte Ludwigshafen — wie der Name „Badische“ besagt, war der Standort der Fabrik anfangs auf dem rechten Rheinufer, nämlich in Mannheim — entstanden endlich 1865 die Anfänge des heutigen Werkes auf dem linken Rheinufer, Abb. 2. Zu jener Zeit gab es in Ludwigshafen nur eine Eisengießerei, eine Aktienbrauerei, eine Waggonfabrik und drei chemische Fabriken, nämlich die Firmen M. Giulini, die Weinsteinsäurefabrik von Benckiser und die Düngerfabrik Michel & Co.

Zu den wenigen, auf das Anilin zurückgehenden Farbstoffen, die im Anfang den Fabrikationsplan der Firma darstellten, und dem Benzol, das die Grundlage abgab und bald aus dem Leuchtgas gewonnen wurde, kam bald das Alizarin und seine Abkömmlinge, das man 1871 technisch-synthetisch darstellen konnte, späterhin die Azofarben, sodann der künstliche Indigo, an dessen Herstellung man seit 1880 arbeitete, den man aber erst seit 1897 in großem Maßstab erzeugen konnte, endlich die Schwefelfarbstoffe und dann die Indanthrenfarben, die die Krönung der Bestrebungen bilden, echte Farbstoffe zu erzielen.

Abb. 3. Fabrikstraße mit Rohrleitungen im Werk Ludwigshafen der I.-G. Farbenindustrie

Inzwischen waren auch auf anorganischem Gebiete große Dinge geschehen: die Verflüssigung des Chlors war gelungen, die Schwefelsäurefabrikation war auf eine neue Grundlage gestellt worden. Die Sodafabrikation war seit 1884 eingestellt worden, und er-

Abb. 4
Nach dem Kontakt-Dauerverfahren arbeitende Wasserstoffanlage der Badischen Anilin- und Sodafabrik

hebliche Mengen der infolgedessen überschüssigen Salzsäure hatte man seit 1888 in Chlorgas überführen können. Eine Großtat ist die Ausbildung des Schwefelsäure-Kontaktverfahrens, das seit 1890 technisch durchgeführt wurde.

Erst in die Zeit dieses Jahrhunderts fällt der Aufbau des Werkes Oppau. Die chemische Bindung des Luftstickstoffes wird hier in erster Linie durchgeführt, und die künstlichen Düngemittel sind die Haupterzeugnisse dieses Werkes. Zwischenerzeugnis ist dabei Ammoniak. Am 19. Juni 1910 wurden die ersten Stahlflaschen mit 5 kg technisch hergestelltem, synthetischem Ammoniak gefüllt. 1925 wurden jährlich bereits etwa 100 000 t gebundener Stickstoff geliefert[3]).

Die Ausgangstoffe bei der Ammoniakherstellung, der Stickstoff und der Wasserstoff, sind beide in der Natur in großen Mengen vorhanden. Der Stickstoff steht in der Luft frei zur Verfügung; er ist jedoch darin mit Sauerstoff vermischt und muß zunächst von diesem getrennt werden. Der Wasserstoff findet sich, an Sauerstoff chemisch gebunden, im Wasser.

Man ist nun in der Badischen Anilinfabrik so vorgegangen (Haber-Bosch-Verfahren), daß man durch Leiten der Luft über glühenden Koks deren Sauerstoff an Kohlenstoff bindet, wobei man ein Gemisch von Stickstoff einerseits und von Kohlenoxyd und Kohlensäure anderseits erhält.

Zur Darstellung des Wasserstoffes leitet man Wasserdampf ebenfalls über glühenden Koks. Man erhält ein Gemisch von Wasserstoff, Kohlenoxyd und wenig Kohlensäure, das sogenannte Wassergas. Die beiden aus Luft und Wasserdampf erhaltenen Gasgemenge werden nun in passendem Verhältnis vermischt und zwecks Umwandlung des Kohlenmonoxyds in Kohlensäure zusammen mit Wasserdampf bei erhöhter Temperatur über bestimmte Kontaktkörper geleitet, wobei das Kohlenoxyd aus dem Wasserdampf den Sauerstoff abspaltet, Abb. 4, wodurch freier Wasserstoff und Kohlensäure entstehen. Die Kohlensäure wird nun durch ein Waschverfahren aus dem Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch entfernt und dieses letztere auf 200 at verdichtet. In dickwandigen Stahlzylindern, die mit einem Kontaktstoff gefüllt sind, verbindet sich nun bei diesem hohen Druck und bei einer Temperatur von etwa 500 °C ein Teil des Gasgemisches zu Ammoniakgas, das hinter dem Kontaktofen mittels Wassers aus dem Gasgemisch ohne vorherige Entspannung herausgelöst wird, während der nicht umgewandelte Teil wieder in den Ofen zurückgeleitet wird, so daß unter entsprechender Zuführung von Frischgas ein ständiger Kreislauf der Gase stattfindet.

Der Bau der Kontaktöfen, in denen große Mengen hochverdichteten Gases bei beginnender Rotglut verarbeitet werden, stellt eine besonders hochwertige Ingenieurleistung dar, wie überhaupt bei den neueren synthetischen Verfahren die große Bedeutung des Ingenieurs für die Durchführung der chemischen Verfahren klar hervortritt. Das als Erzeugnis anfallende starke Ammoniakwasser selbst wird in Kesselwagen verschickt, zum größten Teil aber in Düngesalze, hauptsächlich Ammoniumsulfat, übergeführt.

Ein andrer Teil des Ammoniaks bildet den Ausgangspunkt für die Darstellung von Salpetersäure nach dem Oxydationsverfahren. Wieder unter Zuhilfenahme eines Kontaktkörpers verbrennt man in großen ausgemauerten Schachtöfen das Ammoniak in Gegenwart von Luft, wobei durch die Einwirkung des Luftsauerstoffs die Stickstoff-Wasserstoff-Verbindung (NH_3) in eine Stickstoff-Sauerstoff-Verbindung (NO) übergeht. Die dabei abgegebene Wärmemenge ist so beträchtlich, daß noch reichlich Niederdruckdampf damit erzeugt werden kann.

Das Stickoxyd wird in großen Granittürmen, Abb. 5, durch Berieselung mit Wasser in Salpetersäure (HNO_3) oder in eisernen Türmen durch Berieselung mit Sodalösung in Natronsalpeter ($NaNO_3$) umgewandelt. Die so gewonnene Salpetersäure wird wiederum zu einem beträchtlichen Teil auf Düngemittel, die verschiedenen Salpeterarten, weiterverarbeitet, unter denen in jüngster Zeit besonders der Kalksalpeter große Bedeutung gewonnen hat.

Ein eigenes großes Werk bilden die angeschlossenen mechanischen Werkstätten. In ihnen werden, allein im Werk Ludwigshafen, etwa 5000 Arbeiter beschäftigt. Die Fertigungs- und Bauwerkstätten sind von den Betriebs- und Ausbesserwerkstätten getrennt. Ein eigener Abstell- und Verschiebebahnhof, so groß wie der Verschiebebahnhof mancher mittleren deutschen Stadt, und umfangreiche

Abb. 5
Absorptionstürme aus Granit in der Salpetersäurefabrik Oppau

[3]) Das der jetzigen I.-G. Farbenindustrie angeschlossene Ammoniakwerk Merseburg G. m. b. H., das Leunawerk, das seit 1917 im Betrieb ist, liefert etwa 400 000 t Ammoniak.

Abb. 6
Flugzeugaufnahme der Zellstoffabrik Waldhof. Im Vordergrunde die Zellstoffabrik, rechts hinter der Verbindungsleitung die Papierfabrik „Papyrus", rechts davon die Spiritusfabrik.

afenanlagen ermöglichen das Herankommen großer Roh-
offmengen und die Abführung der Fertigerzeugnisse.

Über die großartige Ausbildung der Verkaufsorgani-
tion, über die Verschmelzung der Badischen Anilin- und
dafabrik mit andern Betrieben und die Gründung von
veigwerken ausführlich zu sprechen, ist hier kaum der
t. Die ganz überragende wirtschaftliche Bedeutung
eses Unternehmens steht unumstritten fest. Die Unab-
ngigkeit vom Bezuge des Chilesalpeters und somit die
öglichkeit zur Ernährung Deutschlands aus eigener
holle sind durch die hier geleisteten Arbeiten gewähr-
stet.

Seit 1925 hat sich die Badische Anilin- und Sodafabrik
t den bisher durch Interessengemeinschaft miteinander
rbundenen Firmen der chemischen Großindustrie zur
I.-G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft zusammen-
schlossen. Die I.-G. Farbenindustrie, die heute mit
ren rd. 440 000 t gebundenen Stickstoffs die beste
hreserzeugung Chiles um etwa 10 vH übertrifft, bemäch-
t sich jetzt fast aller Produktionsgebiete, die auf che-
scher Grundlage ruhen. Auch die Kohlenverflüssigung
d die Kunstseideerzeugung und viele andre Gebiete
rden heute hier mit Erfolg bearbeitet. Und nicht zu-
zt sind die Erfolge dieses Großbetriebes darauf zurück-
führen, daß hier von Grund auf und von jeher wissen-
schaftlich gearbeitet wird. Immer steht der prak-
ch geschulte Wissenschaftler an der Spitze der Einzel-
triebe und immer bilden sorgfältige Forschungen den
sgangspunkt.

Die Werke Ludwigshafen und Oppau, die 1865 mit
Arbeitern ihren Betrieb eröffneten, die 1890 bereits
00 und 1910 etwa 7600 beschäftigten, haben gegenwärtig
sammen rd. 27 000 Arbeitskräfte. 531 Chemiker und
7 Ingenieure leiten die Betriebe beider Werke.

C. F. Boehringer & Söhne, Mannheim-Waldhof

Der Betrieb der Firma C. F. Boehringer spielte sich
ne Zeitlang auf demselben Gelände ab, das früher die
dische Anilin- und Sodafabrik vor ihrer Übersied-
ng nach Ludwigshafen innehatte. 1872 wurde die
Boehringersche Fabrik von Stuttgart, wo sie bereits seit 1859 bestand, nach Mannheim verlegt. Da aber die Beseitigung der bei der Fabrikation auftretenden Abfälle Schwierigkeiten machte, so mußte man ein Gelände weit außerhalb der Stadt suchen. Man fand es in dem heutigen Fabrikgrundstück am alten Rhein in Mannheim-Waldhof in nächster Nähe der Zellstoff- und Papierfabrik.

Das Haupterzeugnis des Werkes ist noch heute wie zur Zeit der Gründung Chinin. C. F. Boehringer zählt zu den größten Chininfabriken der Welt. Daneben verlassen andre wichtige Alkaloide das Werk nebst verschiedenen weiteren pharmazeutischen Präparaten. Schließlich stellt man technische Erzeugnisse wie Glyzerin, Äther, Hydrochinon, synthetische Riechstoffe (Vanillin, Cumarin) und synthetischen Kampfer her. Diese Firma ist die erste, die seinerzeit auf Grund eigener Verfahren die Herstellung des Koffeins und als eine der ersten die Erzeugung synthetischen Kampfers aufnahm. Eine große Anzahl wichtiger Arzneimittel (Ferratin, Arsenferratose, Laktophenin, Theophyllin, Filnaron, Narcophin, Verodigen usw.) verdankt der gemeinsamen Arbeit namhafter Forscher und der Laboratorien der Firma C. F. Boehringer ihr Entstehen.

Das Werk ist also ein ausgeprägter Vertreter der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Hochwertige Erzeugnisse werden in Mengen geliefert, die, verglichen mit den vom Werk Oppau der Badischen Anilin- und Sodafabrik gelieferten äußerst geringfügig sind. Die Fabrikationseinrichtungen der Firma Boehringer zeigen daher nicht die ausgesprochene Großapparatur, wie wir sie z. B. in Oppau zu sehen gewohnt sind. Der Aufbau der Fabrik zeigt, daß man auf viele Umstellungen, den Marktverhältnissen entsprechend, gefaßt ist, und dauernd Neuanlagen einrichtet.

Das Werk beschäftigt ungefähr 40 akademisch gebildete Chemiker und Ingenieure, etwa 650 Arbeiter, 240 kaufmännische und technische Beamte.

Im Zusammenhang mit der Firma C. F. Boehringer steht das Dynamidon-Werk Engelhorn & Co., Mannheim-Waldhof. Hier wird der durch hohen Schmelz- und Erweichungspunkt und durch gute Temperaturwechselbestän-

Abb. 7
Großabsperrschieber von 1500 mm l. W. mit Druckwasserbetätigung und Umgangsleitung, von Bopp & Reuther für eine italienische Turbinenanlage geliefert.

digkeit ausgezeichnete Korundstein „Dynamidon" hergestellt, der vor allem zur Auskleidung der Sinterzone von Drehrohr- und Schachtöfen sowie für Muffeln, Bleiraffinieröfen usw. benutzt wird.

Zellstoffabrik Waldhof und Papierfabrik Papyrus

Die Zellstoffabrik Waldhof, Abb. 6, ist das größte Unternehmen auf diesem Gebiete in Deutschland. Sie ist gekuppelt mit der Papierfabrik Papyrus, die einen großen Teil des erzeugten Zellstoffes sogleich zu Papier verarbeitet. Die Rohstoffe, vorwiegend Fichtenholz, erreichen die Fabrik durch Schiffsbeförderung.

Alle Vorteile neuzeitlicher Betriebführung sind hier ausgenutzt. Wärmewirtschaftlich ist das Werk vorzüglich durchgebildet. Die Herstellung von Spiritus aus der Ablauge wird in einer angeschlossenen Destillieranlage betrieben. Ebenso ist eine Anlage zum Eindicken von Lauge vorhanden. Der die Fabrik verlassende Zellstoff dient neben der Papiererzeugung vor allem auch als Rohstoff für die Kunstseideherstellung.

Während die erste Anlage der im Jahre 1884 gegründeten Fabrik 20 t gebleichten und ungebleichten Zellstoff täglich herausbrachte, beträgt die jährliche Erzeugung jetzt rd. 110 000 t Zellstoff und 12 000 t Packpapier in der Zellstoffabrik und rd. 25 000 t Papier in der Papierfabrik Papyrus. Etwa 2900 Arbeiter und Angestellte werden gegenwärtig in diesen Betrieben beschäftigt.

Armaturenfabrik Bopp & Reuther[3])

Die Firma ist jetzt eines der größten Unternehmungen auf dem Gebiete der Armaturenherstellung. Im Jahre 1872 wurde sie von den Ingenieuren Karl Reuther und Karl Bopp gegründet. Das Werk, das anfangs im Stadtteil Mannheim-Neckarstadt lag, wurde 1897 nach Mannheim-Waldhof verlegt. In den ersten Jahren seines Bestehe nahm das Unternehmen einen so schnellen Aufschwu dadurch, daß Armaturen für die neu anzulegenden Wasse versorgungen der Städte in größten Mengen von ihr b zogen wurden. Später fand die Firma gute Beschäftigu durch Lieferung der Armaturen für die chemische Industr in Mannheim und Umgebung. Hier sind natürlich vie Sonderwünsche zu befriedigen, so daß stets neue Au gaben an die Konstrukteure und Betriebsingenieure d Werkes herantreten. Anderseits ist die Reihenfertigu für die gebräuchlichen Wasserleitungsarmaturen a einen denkbar hohen Stand gebracht. Erstaunlich i es, wie in diesem Werk neben Großarmaturen, verg Abb. 7, und z. B. Großwassermessern, Abb. 8, auch klei Geräte hergestellt werden, deren Bau die höchsten A forderungen an die Genauigkeit stellt.

Die Herstellung von Meßgeräten für Heißwasser u sonstige Flüssigkeiten, Dampf und Druckluft hat infol des gesteigerten In- und Auslandbedarfes letzthin eine großen Umfang angenommen.

Die Firma beschäftigt augenblicklich etwa 1600 A beiter und 300 Angestellte.

Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal i. d. Pf.[4])

Die Erzeugnisse dieser Firma zeigen in der letzt Zeit eine erstaunliche Vielseitigkeit. Der Bau von A maturen und Pumpen kennzeichnet nach wie vor das A beitsgebiet. Aber alle neueren Erkenntnisse hat man sic stets schnell zunutze gemacht. Zeugnis für den Gei des Fortschritts, der hier herrscht, legen insbesondere d Armaturen für Hochdruck, Abb. 9, die säurefesten Arm turen und die umlaufenden Kompressoren und Pumpe Abb. 10 und 11, ab.

Gegründet wurde das Werk im Jahre 1871. Für sei Entwicklung gilt in großen Zügen auch hier: rasch Anwachsen durch das Aufkommen der chemischen I dustrie in dieser Gegend, insbesondere der Badisch Anilin- und Sodafabrik, die zu den besten Kunden d Werkes gehört; ferner durch die günstige Lage zu saarländisch-lothringischen Bergbau- und Hüttengebi Für den Verlust dieses Absatzgebietes entschädigt jet das Ausfuhrgeschäft nach fast allen Ländern der We

Zur Zeit sind 1600 Angestellte und Arbeiter in de Werke tätig.

Gebrüder Sulzer, A.-G., Ludwigshafen a. Rh.[5])

Dieses Werk ist ein ausgeprägter Vertreter des Gro maschinenbaues. Seine Gießerei, Abb. 12, ist weltbekan und von jeher wurde hier auf die Erzielung hochwertige Gusses hingearbeitet. Schon während des Krieges wur für bedeutende Firmen der Lastkraftwagen-Industr Fahrzeugguß geliefert, und das ist auch heute noch ei bedeutender Arbeitszweig der großen und leistung fähigen Gießerei.

1881 wurde das Werk Ludwigshafen als Zweigunte nehmen des Werkes in Winterthur (Schweiz) gegründe

[3]) Vergl. Bopp & Reuther 1872 bis 1922, Selbstverlag 1922.

[4]) Vergl. Klein, Schanzlin & Becker, A.-G., 1871 bis 1921, Selb verlag 1921.

[5]) Vergl. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie Bd (1910) S. 148.

Abb. 8
Reuther-Venturimesser von 2300 mm l. W. mit elektrischem Fernschreiber für das Achenseewerk Tirol, einer der größten bisher ausgeführten Wassermesser für eine Höchstleistung von 90 000 m³/h.

Abb. 9
Kondenstopf für 300 at Überdruck und 425 °C, aus Nickelstahl geschmiedet.

Abb. 10
Umlaufender Kompressor für 300 m³/h Förderung gegen 3 at Gegendruck.

Abb. 11
Umlaufpumpe für 80 m³/h Fördermenge bei 4500 Uml./min

Abb. 9 bis 11. Erzeugnisse von Klein, Schanzlin & Becker

das dort bereits seit 1834 besteht. Ursprünglich bestand der Plan, hier eine Werft anzulegen und in eigenen Werkstätten Schiffsmaschinen zu bauen. Schließlich aber entwickelte sich nach der Aufgabe dieses Planes das Werk zu einer reinen Maschinenfabrik. Der Herstellungsplan erstreckt sich auf Dampfmaschinen aller Art mit Einzylinder- und Mehrzylinder-Anordnung, Gleichstromdampfmaschinen sowie Tandem-Maschinen. Eine Hochdruck-Gegendruck-Dampfmaschine für 20 at Eintrittsüberdruck und 6 at Gegendruck wurde hier bereits 1911 gebaut.

Seit 1915 ist der Bau von Dieselmotoren aufgenommen worden. Besonders bekannt ist der Sulzer-Zweitaktmotor, der gekennzeichnet ist durch Schlitzkühlung mit Nachladen. Auch die Kreiselpumpen und die Gebläse haben der Firma einen guten Namen gemacht. Die Hochdruckpumpe verdankt der Firma Sulzer einen großen Teil ihrer Entwicklung. Als Kesselspeisepumpen und als Säurepumpen werden die Erzeugnisse von Sulzer gern verwendet.

In der Fabrik sind 1600 Arbeiter und 320 Angestellte beschäftigt.

Daimler-Benz-A.-G.

Von Mannheim aus hat der Kraftwagen seinen Siegeszug in die Welt angetreten. 1885 machte Carl Benz mit dem ersten Motorwagen seine erste Fahrt in den Straßen der Stadt. Schon 1883 hatte er seine Firma mit sechs Arbeitern gegründet. Zu der Fabrikation der Kraftwagen, die sich schnell einführten, kam auch die Herstellung ortfester Motoren. Bereits 1893 konnte man die Fertigstellung des tausendsten Motors feiern.

1899 wurden die Benzwerke in eine Aktiengesellschaft umgewandelt, die 1911 eine wesentliche Erweiterung durch die Angliederung der süddeutschen Automobilfabrik Gaggenau erfuhr. In das Jahr 1926 fällt dann die Verschmelzung der Firma Benz & Cie. mit der Daimler-Motoren-Gesellschaft und somit die Entstehung der Firma Daimler-Benz-A.-G.

Das Daimler-Benz-Werk in Mannheim-Waldhof umfaßt heute rd. 350 000 m², von denen etwa 100 000 m² überbaut sind. Mit seiner Belegschaft von etwa 3000 Mann stellt es hauptsächlich Personenwagen her. Seit 1919 werden auch Motorpflüge und Schlepper gebaut, die sich bereits in landwirtschaftlichen und industriellen Betrieben eingeführt haben.

Als erste deutsche Firma hatte sich nach dem Kriege das Werk Mannheim der Firma Benz der Entwicklung des kompressorlosen Dieselmotors zugewandt und durch unermüdliche Versuche eine brauchbare Bauart gefunden. Insbesondere werden raschlaufende kompressorlose Dieselmotoren gefertigt, die auch für den Antrieb der Schlepper dienen.

Erwähnt sei noch, daß schon im Jahre 1911 die Fabrikation der Flugmotoren von den Benzwerken aufgenommen wurde. Der Erfolg, den der Benz-Flugmotor 1912 beim Preisausschreiben für den besten deutschen

Abb. 12.
Blick in die Gießhalle der Firma Gebr. Sulzer. Gießen eines großen Stückes.

Flugmotor errungen hat, ist die Grundlage der für das deutsche Heer im Weltkriege so wichtigen Entwicklung der Flugmotoren gewesen.

Mannheimer Motorenwerke, A.-G.

Die Firma Motorenwerke Mannheim, A.-G., vorm. Benz, Abt. stationärer Motorenbau, seit dem 1. Januar 1921 ein selbständiges Unternehmen, ist hervorgegangen aus dem Verbande der Firma Benz & Cie. Der Fabrikationsplan der Mannheimer Motorenwerke ist besonders auf die Ausbildung eines guten ortfesten kompressorlosen Dieselmotors nach einem der Firma Benz geschützten Vorkammerverfahren gerichtet, der im Betriebe der elektrischen Zentralen, im Lokomotiv- und im Schiffsdienst verwendet werden soll. Auch der Bau von Motorschleppern mit kompressorlosen Dieselmotoren ist aufgenommen worden, und man verspricht sich viel davon für die Zukunft.

Heinrich Lanz, A.-G.[6])

Der Mittelpunkt des Erzeugungsplanes der Firma Heinrich Lanz ist der Bau landwirtschaftlicher Maschinen. Auch die von Lanz als Besonderheit gebauten Lokomobilen und seine Rohölmotoren werden in nicht geringem Maß in der Landwirtschaft benutzt.

Hervorgegangen ist die Firma Heinrich Lanz aus dem reinen Handelsgeschäft, der Firma J. P. Lanz. Ackerbaugeräte, Lokomobilen, Kornreinigungsmaschinen, Mühlen usw. waren die hauptsächlichen Handelsgegenstände dieses Unternehmens. Bald ergab sich die Notwendigkeit, eine eigene Ausbesserwerkstatt anzulegen, und 1867 ging man schließlich an die Herstellung landwirtschaftlicher Maschinen. 1870 sagte sich Heinrich Lanz auch dadurch von dem väterlichen Handelsgeschäft los, daß er der Firma seinen eigenen Namen gab.

Anfangs baute Lanz noch nach englischem Muster und erst 1879 brachte er die erste eigene Dampfdreschmaschine mit dazugehöriger Lokomobile heraus. Im Jahre 1900 verließen bereits mehr als 1000 Lokomobilen das Werk, und als Heinrich Lanz 1905 starb, konnte sein Lebenswerk als gesichert gelten. Die Schnelligkeit in der Entwicklung des Werkes zeigt Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2

Erzeugung der Firma Heinrich Lanz in den ersten 30 Jahren ihres Bestehens

Jahr	Lokomobilen	Dampfdreschmaschinen
1879	89	24
1885	165	134
1890	464	308
1895	545	336
1900	1154	631
1905	1495	916
1910	2128	1372

Durch die Kriegsjahre und die nachfolgenden Jahre des wirtschaftlichen Tiefstandes wurde diese rasche Entwicklung natürlich gehemmt; dennoch wurde im Jahre 1923 die 40 000ste Lokomobile und 1925 die 30 000ste Dreschmaschine fertiggestellt. Bis heute sind 14 000 Strohpressen verkauft.

1922 wurde der Bau von Acker- und Straßenzugmaschinen für Schwerölbetrieb aufgenommen, die heute unter dem Namen „Bulldog" bekannt sind, und von denen rd. 8000 Stück bisher im Betriebe sind.

Die Rationalisierungsbestrebungen bewirken im gegenwärtigen Zeitpunkt eine Umstellung des Herstellungsganges. Fließfertigung wird, soweit möglich, eingeführt. Seit 1925 ist die Firma Heinrich Lanz mit der Firma R. Wolf, A.-G., Magdeburg-Buckau, eine Interessengemeinschaft eingegangen. Man hofft, auf diese Weise eine wirtschaftlichere Großherstellung zu erzielen und den ungesunden Wettbewerb zu vermeiden.

[6]) Vergl. Dr. Paul Neubaur, „Heinrich Lanz", Verlag Parey, Berlin 1910, und P. Schnellbach: „Heinrich Lanz und sein Werk", Zeitschrift für Handelswissenschaft 1913 S. 115.

Seit dem 1. Januar 1926 ist die Firma Lanz Aktiengesellschaft. 5000 Arbeiter und Angestellte sind in dem Werk und seinen Zweigniederlassungen gegenwärtig beschäftigt.

Joseph Vögele, A.-G.

Der Gründer dieser Firma stammt aus einer altein gesessenen Mannheimer Familie. Bereits 1690 finden wir hier Mitglieder dieser Familie als Hofhammerschmiede. Beim Bau der ersten badischen Eisenbahnlinie übernahm die 1836 gegründete Firma die Lieferung verbesserter Weichen, und diesem Arbeitsgebiet ist sie auch bis heute im wesentlichen treu geblieben. Ihre Herzstücke, Kreuzungen, Bogenstücke für Voll- und Kleinbahnen sind wesentliche Bestandteile des Schienennetzes aller Bahnen der ganzen Welt. Dazu kommen noch die bekannten Gelenkdrehscheiben, Sonderkonstruktionen von Schiebebühnen, Hilfsmittel für die Mechanisierung des Verschiebedienstes usw. Schon vor dem Kriege wurde die Herstellung von Hartzerkleinerungsmaschinen und von Apparaten für die chemische Industrie betrieben, insbesondere solcher, die säurefest und feuerbeständig emailliert oder homogen verbleit sind. Seit 1925 werden auch Betonmischmaschinen hergestellt.

Die Firma ist seit 1920 Aktiengesellschaft. Sie beschäftigt heute etwa 900 Arbeitskräfte.

A.-G. Brown, Boveri & Cie.

Die Firma Brown, Boveri & Cie., rühmlichst bekannt als Werk des elektrischen Großmaschinenbaues, hat ebenso beachtenswerte Leistungen auf dem Gebiete des Dampfturbinenbaues zu verzeichnen. Aber mit diesen beiden Gegenständen ist der Herstellungsplan der Firma noch nicht erschöpft. Transformatoren, Quecksilberdampf-Großgleichrichter, Fernleitungszubehör, Kompressoren und Gebläse, elektrische Fördermaschinen u. a. mehr verlassen das Werk.

Als Spitzenleistungen sind zu erwähnen: Dampfturbinen bis zu 160 000 kW Leistung in Zweiwellen-Anordnung und Stromerzeuger für Wasserkraftanlagen bis zu 23 000 kW Einzelleistung.

Die Firma, deren Stammwerk in der Schweiz liegt, ist in Mannheim seit 1900 als selbständige deutsche Aktiengesellschaft zu finden. Sie beschäftigt in Mannheim-Käfertal sowie in den Zweigfabriken in Groß-Auheim (elektrische Apparate) und Lampertheim (Großgleichrichter) insgesamt etwa 5500 Arbeitskräfte[7]).

Schnellpressenfabrik Frankenthal, Albert & Cie.

Ein bereits sehr altes Unternehmen, dessen Betrieb aber in ausgeprägter Weise die Einführung der neuesten Herstellverfahren, Abb. 13, erkennen läßt, ist die Schnellpressenfabrik Albert & Cie., A.-G., Frankenthal. Das Werk ist 1860 gegründet worden und hat namhafte Verdienste um die Entwicklung der Druckmaschinen. 1889 wird die erste Rotationsmaschine hergestellt, 1909 die erste Tiefdruckmaschine. Insgesamt sind bisher mehr als 20 000 Maschinen geliefert worden.

Das Werk beschäftigt gegenwärtig mehr als 2200 Arbeitskräfte.

Weitere industrielle Betriebe des Mannheimer Gebietes

Die älteste Maschinenfabrik in der Stadt Mannheim ist die Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff. Ihren Ursprung führt sie zurück auf die Werkstätte des Zirkelschmiedes Joh. Schweizer sen., der sich 1801 in Mannheim niederließ. Das Werk baut Krane, Verladebrücken, Aufzüge; ferner Wiegewagen und endlich Werkstoff-Prüfmaschinen. Das Unternehmen beschäftigt gegenwärtig etwa 500 Arbeitskräfte.

Dampfkessel, Dampfmaschinen, Apparate für die chemische Industrie baut die Firma Kühnle, Kopp & Kausch, Frankenthal in der Pfalz.

In ähnlicher Richtung ist die Firma Schütze A.-G., Oggersheim, tätig. Hauptfabrikationszweig ist die Fertigung von emaillierten und verbleiten Apparaten

[7]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 21 vom 25. Mai 1927.

Abb. 13
Zusammenbauhalle bei der Firma Schnellpressenfabrik Frankenthal, Albert & Cie.

säurefestem Guß, Siliziumguß und schmiedeisernen Apparaten aller Art.

Bekannt wegen ihrer Hafen- und Wehrbauten ist die Firma Grün & Bilfinger, Mannheim, die aus dem 1880 gegründeten Wasserbaugeschäft von August Bernatz hervorgegangen ist. Die Hauptarbeitsgebiete der Firma Grün & Bilfinger sind außer den bereits angeführten Hafen- und Wehrbauten: Brückenbau, Eisenbahnbau, Tunnelbau, Errichtung von Ufermauern, Gründungen mit Druckluft, Industriebauten wie Speicher, Lagerhäuser, Wassertürme, Hochbehälter, Siedlungsbauten usw.

Die Firma Grünzweig & Hartmann, Ludwigshafen am Rhein, ist auf dem Gebiete der Wärme- und Kälteisolierung hervorragend tätig. Künstlicher Korkstein, Diatomit und andre Isoliermittel hat sie auf den Markt gebracht und bahnbrechende Arbeiten auf dem Gebiete des Wärme- und Kälteschutzes geleistet.

Das zunehmende Bedürfnis der süddeutschen Industrie nach rascherer Belieferung mit hochwertigem Stahlformguß gab Veranlassung zur Gründung des Stahlwerkes Mannheim, Mannheim-Rheinau. 1900 wurde der Betrieb der Stahlgießerei aufgenommen, und bald traten Hammerwerk und Preßwerk hinzu. Seit 1908 werden auch Hochdruckarmaturen im Werke hergestellt. Die meisten süddeutschen Werke zählen zu den Abnehmern dieser Firma, die sich aber auch in den weiter entfernt liegenden Teilen des Inlandes und im Auslande viele Abnehmer erworben hat.

Auf dem Gebiete des Kohlenumschlags sind bahnbrechend gewesen: die Firma Stachelhaus & Buchloh und das Rheinische Braunkohlensyndikat. Die zuerst genannte Firma hat u. a. auch die erste Oberrheinische Steinkohlen-Brikettfabrik in Mannheim erbaut. Sie hat sich insbesondere um die Entwicklung der Kohlenverladeanlagen verdient gemacht.

Mannheim als Hafenstadt betrifft die Tätigkeit der Schiffs- und Maschinenbau-Aktiengesellschaft Mannheim, die 1893 in Mannheim entstanden ist. Zahlreiche Rheindampfer, unter ihnen der 1923 fertig gestellte erste Turbinen-Seitenraddampfer[8]), Bagger, Kranschiffe, Tankschiffe usw. haben den Namen der Firma bekanntgemacht.

Erwähnt seien noch u. a.:

Rhenania, Verein chemischer Fabriken, A.-G., Zweigniederlassung Mannheim, gegründet 1850;

Th. Goldschmidt, A.-G., Chemische Fabrik, Zweigniederlassung Mannheim-Rheinau, gegründet 1873;

Rheinische Gummi- und Zelluloidfabrik, A.-G., Mannheim-Rheinau;

Sunlicht-Gesellschaft, A.-G., Mannheim-Rheinau;

Ludwigshafener Walzmühle, Sitz Mannheim;

Vereinigte Jute-Spinnereien und Webereien-A.-G., Sitz Hamburg, Mannheim-Waldhof.

In Mannheim arbeitet auch seit einiger Zeit die erste Bergin-Anlage der Welt[9]).

Einige gemeinnützige Einrichtungen

Die Hafenanlagen[10])

Mannheim steht nach Duisburg an erster Stelle unter den deutschen Binnenhäfen. Bereits frühzeitig war die Eignung des Ortes als Umschlagplatz erkannt worden; aber lange dauerte es infolge der damals noch ungünstigen Stromverhältnisse, bis man einen einigermaßen brauchbaren Hafen schaffen konnte. 1840 erstand im alten Rheinarm ein bescheidener Hafen, zu dem sich nach der beendigten Neckarregulierung zwei weitere hinzugesellten: der Verbindungskanal und der Mühlauhafen. Nach 1880 wurde dann der Binnenhafen, nach 1890 die Kaianlage am Rhein und um die Jahrhundertwende der Rheinauhafen ausgebaut. Die großzügige Anlage des städtischen Industriehafens und der Privathafen der Thyssenschen Kohlenhandelsgesellschaft wurden noch vor dem Kriege vollendet. Der Thyssenhafen untersteht jetzt der Verfügung der Firma Raab-Karcher-Thyssen, G. m. b. H. (Verkaufsorganisation der Vereinigten Stahlwerke A.-G., Düsseldorf-Essen), die dort eine große Thomasschlackenmühle mit 120 000 t jährlicher Leistungsfähigkeit betreibt und eine große Tankanlage für die Aufnahme von 110 000 l Benzol unterhält. Die Anlagen sind in betriebswirtschaftlicher Beziehung vorbildlich.

Die Mannheimer Hafenanlagen, Abb. 14 und 15, bedecken rd. 750 ha Landfläche und rd. 300 ha Wasserfläche. Die Umschlagufer sind insgesamt 48 km lang. 96 Werfthallen und 77 Lagerhäuser sind hier errichtet, und 192 Betriebe haben hier sich angesiedelt.

[8]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 341.

[9]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1313 u. 1359.

[10]) Vergl. Der Industriehafen zu Mannheim, Mannheim 1907, Verlag Mannh. Vereinsdruckerei.

Abb. 14
Die nördlichen Hafenanlagen

Die Stromversorgung

Vor dem Kriege versorgten im wesentlichen zwei Werke die Stadt Mannheim mit Strom: das städtische Elektrizitätswerk am Industriehafen seit 1899 und das Elektrizitätswerk Rheinau seit 1897/99. Dieses Werk, jetzt Kraftwerk Rheinau A.-G. genannt, stand mit dem städtischen Werk durch eine Ausgleichleitung in Verbindung. Ferner wird noch genannt das Bahnkraftwerk R.

Alle geplanten Erweiterungen wurden durch den Kriegsausbruch gehemmt. Das staatliche Murgwerk sollte überdies einen großen Teil der Versorgung Mannheims übernehmen. Es hat aber den an seine Leistungsfähigkeit geknüpften Erwartungen nicht entsprochen. Da eine Erweiterung der vorhandenen Elektrizitätswerke nicht in Frage kam, so entschloß man sich 1921 zum Bau des Großkraftwerkes Mannheim. Nicht nur die Stadt, sondern auch die Pfalzwerke, die Neckar-A.-G. und das Badenwerk beteiligten sich an der Finanzierung; denn sie alle hofften, auf diese Weise eine willkommene Entlastung für ihre eigenen Betriebe zu erhalten. Ende 1923 ist das Großkraftwerk, dessen erster Ausbau drei Turbodynamos mit je 12 500 kW umfaßt, in den Dienst gestellt worden. Zur Zeit wird eine weitere Turbodynamo mit 20 000 kW Leistung aufgestellt. Die Errichtung einer Hochdruckanlage von 100 at mit Vorschaltturbinen wird demnächst in Angriff genommen.

Abb. 15
Die südlichen Hafenanlagen

Die Stadt Mannheim deckt ihren gesamten Strombedarf aus dem Großkraftwerk. Die beiden alten Werke dienen nur als Aushilfe. Die Wasserkraftwerke der Murg und des Neckar stellen ihren Strom zur Verfügung oder erhalten im Bedarfsfalle Strom vom Großkraftwerk. Auf diese Weise steht für alle Abnehmer stets genügend billiger Strom bereit.

Die Dampfkesseluntersuchung[11])

Den Anstoß zur Gründung der „Gesellschaft zur Überwachung und Versicherung von Dampfkesseln mit dem Sitze in Mannheim" gab eine schwere Dampfkesselexplosion im Jahre 1865. Im nächsten Jahre wurde dann die Revisionsgesellschaft auf Anregung des Handelsministeriums unter Mitwirkung des Bezirksamtes und der Handelskammer der Stadt Mannheim gegründet. Die ersten Jahre brachten reiche Arbeit, da bereits viele Kesselbesitzer von sich aus die Notwendigkeit einer unparteiischen Untersuchung erkannten. 1870 wird dann der staatliche Überwachungsausschuß eingerichtet, und damit tritt ein neuer Aufstieg der Gesellschaft ein. Das Jahr 1877 bildet sodann einen besonderen Merkstein in der Entwicklung der Gesellschaft. Der Verein der Dampfkesselbesitzer für das badische Oberland löst sich auf und seine Dampfkessel werden zum größten Teil der Mannheimer Gesellschaft unterstellt. Eine einzige Gesellschaft umfaßt von da ab das ganze Badener Land. Zweigstellen in verschiedenen Städten wurden errichtet, die Überwachung elektrischer Anlagen und der Kraftfahrzeuge wird angegliedert, 1911 erhält der Verein eine chemische Abteilung.

Der Verein beschäftigt jetzt etwa 30 Ingenieure und 2 Chemiker.

[11]) Vergl. „Badischer Revisionsverein 1866 bis 1926"; Mannheim 1926, Gengenbach & Hahn.

Technische Entwicklung in der Deutschen Reichspost

Von Ministerialrat Kruckow, Berlin

Vorgetragen in der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure
Mannheim-Heidelberg, 28. bis 30. Mai 1927

Die neuzeitliche technische Entwicklung wirkt sich auf allen Arbeitsgebieten der Deutschen Reichspost aus. — Im Brief- und Päckereiverkehr werden Fördereinrichtungen der verschiedensten Art benutzt. — Im Scheckverkehr wird eine Vereinfachung des Betriebes durch mechanische Mittel angestrebt. — Die Einwirkung des Fernkabelbaues und des Selbstanschlußbetriebes auf die Ausgestaltung der Betriebsmittel des elektrischen Nachrichtenwesens. — Die Telegraphie und das Funkwesen.

Betrachtet man die neuzeitliche technische Entwicklung der Deutschen Reichspost, so muß man feststellen, daß es wohl keinen Dienstzweig dieser Ver-·altung gibt, der nicht in den letzten Jahren von den 'ortschritten der Technik erfaßt und grundlegend umestaltet worden ist oder in der Umgestaltung begriffen st. Dies gilt nicht nur von den rein technischen Geieten wie Telegraph, Fernsprecher und Funkwesen, ondern auch von dem eigentlichen Postdienst. Auf allen iesen Gebieten handelt es sich mehr oder weniger um ine wirtschaftlichere Ausgestaltung der Arbeitsverıhren, wobei auf den rein technischen Gebieten auch die .ufgabenstellung den technischen Fortschritten angepaßt 'erden mußte. Auf postalischem Gebiet bilden neben er Mechanisierung bestimmter Arbeitsvorgänge insbeondere Förderfragen und die zweckmäßige Verbindung on Arbeitsvorgängen die Hauptaufgabe.

Zwischen der Fließarbeit, wie sie aus der Massen-ertigung her bekannt ist und der Reihenarbeit bei er Post bestehen aber grundsätzliche Unterschiede. Bei er Massenfertigung ist die Beförderung des Gegen-:andes nur Mittel zum Zweck. Die Geschwindigkeit er Fördereinrichtung wird bestimmt durch die Zeit, die er einzelne Arbeitsvorgang am Band usw. in Anspruch immt. Der Arbeitsvorgang ist das Bestimmende. Außerem sind die zu befördernden Gegenstände stets die-elben und fließen gleichmäßig zu. Bei den postalischen inrichtungen sind die verschiedenartigsten Gegenstände u befördern, Stunden geringer Leistung oder voll-ändiger Ruhe stehen Verkehrsspitzen gegenüber, denen ie Fördermittel entsprechen müssen. Die Förderung 'ird Selbstzweck, die zwischenliegenden Arbeitsvor-änge sind nicht bestimmend für die Förderzeiten und egeln sich nach anderen Gesichtspunkten.

Der Umstand, daß die postalischen Fördermittel auf pitzenleistungen eingestellt sein müssen und nicht wie ie Fördermittel bei Fließarbeit gleichmäßig ausgenutzt erden können, ist von großem Einfluß auf die Wirt-:haftlichkeit der Anlagen. Der schlechte Ausnutzungs-rad derartiger Einrichtungen dürfte auch die Ursache ein, daß die Mechanisierung des Postbetriebes in größe-em Umfang erst in den letzten Jahren ernstlich in An-riff genommen worden ist. Die bisher ausgeführten nlagen haben aber gezeigt, wie wesentlich einfacher, schneller und sicherer sich der Betrieb durch zweckmäßige Mechanisierung gestalten läßt. Außerdem geben sie ein Mittel an die Hand, die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Wege nachzuprüfen. Die vorliegenden Ergebnisse lassen ein schnelles Fortschreiten auf den eingeschlagenen Wegen erstrebenswert erscheinen.

Abb. 1
Briefkastenentleerung in Augsburg — Briefkasten mit Rutsche und Förderband

Briefverkehr

In Deutschland sind täglich einschließlich der Drucksachen rd. 18 Mill. Briefsendungen zu bearbeiten. Dieser Arbeitsstrom fließt keineswegs gleichmäßig, sondern hat ausgesprochene Höchstwerte. Diese liegen auf der Absenderseite beim Geschäftschluß, also in den Abendstunden und auf der Empfangseite in den Nachtstunden bei Ankunft der Hauptzüge. Zu diesen Zeiten entwickelt sich ein Massenbetrieb, dessen Bewältigung durch Mechanisierung der Arbeitsgänge und Förderwege wesentlich erleichtert werden kann. Verfolgt man die Briefsendung vom Aufgeber an, so setzt schon an dieser Stelle die Mechanisierung ein, indem die großen Geschäfte das Aufkleben der Freimarken den

Abb. 2
Kraftdreirad (Phänomobil)

Abb. 3
Kleinkraftwagen zur Briefbeförderung

Abb. 5
Schnitt $A-B$ durch das Sortierbandwerk, Abb. 4

1—5 (a bis m) sind die Nebenbänder, darunter senkrecht dazu verlaufend die Hauptbänder. VI, VII Sammelfächer.

Frankiermaschinen überlassen, die die Sendungen mit dem Freistempel, der gleichzeitig der Aufgabestempel ist, bedrucken.

Die Briefkasten der großen Postämter können selbsttätig geleert werden. Die Briefe fallen entweder auf ein dauernd laufendes Band oder auf eine Briefkastenklappe, die nur bei einer bestimmten, einstellbaren Belastung in Tätigkeit tritt und dann den Bandantrieb einschaltet. Durch Verzögerungseinrichtungen ist dafür gesorgt, daß der Bandmotor so lange eingeschaltet bleibt, bis die Ladung an dem bestimmten Ort eintrifft. Die Laufbänder, Abb. 1, die bei dem jetzigen Stande der Technik nicht nur wagerecht sondern auch senkrecht fördern können und die Verbindung beider Bewegungsrichtungen zulassen, befördern die Sendungen in Sammelkörbe oder sofort an die Stempeltische.

Die in den Straßenbriefkasten aufgelieferten Briefe werden durch Boten zu Fuß, mit Fahrrad oder in größeren Städten mit Phänomobil, Abb. 2, gesammelt und zu dem bearbeitenden Postamt geschafft. Neuerdings wird das Kraftdreirad wegen seiner Kippgefahr in steigendem Maße durch ein Kleinauto, Abb. 3, ersetzt, das für diesen Zweck in der Hauptwerkstätte der Deutschen Reichspost entwickelt worden ist.

An den Stempeltischen tritt der Handstempler in Tätigkeit, der bei Massenbetrieb durch die Stempelmaschine ersetzt wird. Der Leistung des Handstemplers von 60 Sendungen in 1 min steht die Leistung der Stempelmaschine mit 200 in derselben Zeit gegenüber. Sind die Briefsendungen gestempelt, so müssen sie sortiert, d. h. für den Versand vorbereitet werden. Das

Abb. 4
Vorderansicht eines Sortierbandwerkes

1 a bis 5 m sind die Sortierfächer, die sich an jedem Arbeitsplatz wiederholen. Der mittlere Arbeitsplatz ist nur teilweise dargestellt. Die Fächer führen auf senkrecht zur Bildebene laufende Nebenbänder (Schnitt A — B, Abb. 5). Jedes Nebenband führt seine Sendung einem bestimmten Hauptförderband a (I—V) bis m (I — V) zu. VI, VII sind besondere Sammelfächer.

Überlandverkehr | Ort- und Vorortverkehr

Abb. 6
Entwicklung des Postfahrwesens

Sortiergeschäft hat die Aufgabe, die Sendungen nach den einzelnen Eisenbahnkursen zu trennen und für diese einzelnen Kurse die Sendungen so zu vereinigen, daß sie unterwegs möglichst wenig Umarbeitung durch die Bahnposten zu erfahren haben. Sie müssen also, soweit es sich um größere Städte usw. handelt, zu besonderen Briefbunden vereinigt werden, die geschlossen den Weg bis zu ihrem Bestimmungsort zurücklegen. Diese Briefbunde werden dann in Säcke verpackt, die nach den Kursen bezeichnet werden. Dieses Sortiergeschäft wird an Sortierspinden mit Fächerwerk vorgenommen.

Es kann aber nur eine bestimmte Zahl von Fächern in die Reichweite eines Sortierbeamten gebracht werden, wenn er wirtschaftlich arbeiten, d. h. besondere Wege zu den einzelnen Fächern ersparen soll. Außerdem würde das Sortiergeschäft für die Bahnposten nicht so sorgfältig vorbereitet werden können, wenn die Sortierarbeit an den einzelnen Arbeitsplätzen nicht weitgehend unterteilt würde. In großen Briefabfertigungen gelangen die Briefsendungen nach dem Stempeln u. U. über eine Förderanlage daher zunächst an eine Vorsortierstelle, die die Sendungen nach Hauptverkehrsorten trennt.

Die Spinde dieser Vorsortierstellen, Abb. 4 und 5, können als schmale Fachwerke ausgebildet werden, die die Sendungen auf Förderbänder gleiten lassen und so den Feinsortierstellen oder Verpackungsstellen unmittelbar oder über weitere Förderbänder zuführen. Die Fachwerke, die

Abb. 7
Offener Kraftwagen

Abb. 8
Geschlossener Kraftwagen

auf die gleichen Bänder führen, wiederholen sich an jedem Arbeitsplatz, so daß jeder Arbeitsplatz besetzt werden kann, ohne daß sich die Sortierenden gegenseitig stören. Es ist dies eine aus den Vielfachfeldern der Fernsprechämter bekannte Anordnung. Sind die Briefe sortiert, so werden sie kursweise in Säcke verpackt und können je nach den örtlichen Verhältnissen mit entsprechenden Förderbändern, Fahrstühlen oder mit Förderketten, die aus Industrieanlagen bekannt sein dürften, an die Verladestellen gebracht werden. Hier setzt die Beförderung mit Eisenbahn, Schiff oder Flugpost ein, die hier nicht näher behandelt werden soll.

Am Bestimmungsort gelangen die Briefsäcke unter Verwendung derselben technischen Hilfsmittel, wie sie für den Versand angegeben sind, zunächst zu der sogenannten Entkartung. Von hier aus werden sie einer Vorsortierstelle zugeführt, die in derselben Weise eingerichtet sein kann, wie es für die abgehenden Sendungen erläutert wurde. Die Briefe werden hier nach den einzelnen Briefträger-Bestellbezirken vorsortiert und gelangen so selbsttätig über die Laufbänder an den Arbeitsplatz des betreffenden Briefträgers. Dieser sortiert sie nach Straße und Hausnummer und bereitet so seinen Bestellgang vor. Für die Beförderung der Briefträger in ihre Bezirke werden in Großstädten vielfach Kraftwagen benutzt. Die Bestellgänge selbst werden natürlich zu Fuß erledigt.

Nur auf dem Gebiet der Landzustellung kann die Technik weitergehend helfend eingreifen. Hier hat sich durch die Ausdehnung des Kraftwagenbetriebes ohnehin das Verkehrswesen schon weitgehend umgestaltet, ohne zum Abschluß gekommen zu sein.

Der Kraftwagenbetrieb

der Deutschen Reichspost befindet sich in einer stark aufsteigenden Linie, vergl. Abb. 6. Diese Entwicklung drückt sich naturgemäß nicht nur in der Zahl der Wagen, sondern auch in der fortschreitenden Anpassung der Bauart der Wagen an die besonderen Anforderungen des Betriebes usw. aus. Abb. 7 zeigt einen offenen, Abb. 8 einen geschlossenen Kraftwagen neuester Bauart.

Das Vordringen der Kraftwagenlinien auf das flache Land wird letzten Endes dazu beitragen, den Zustelldienst auf dem Lande grundsätzlich umzugestalten. 70 vH aller Landbewohner wohnen in Orten, die mit Kraftwagen zu erreichen sind. Der Plan der Deutschen Reichspost geht nun dahin, die zeitraubenden, Arbeitskräfte beanspruchenden Marschleistungen für die Verbindung dieser Orte mit dem Zustellpostamt durch Kleinkraftwagen zu ersetzen, den Zustelldienst selbst aber im wesentlichen Ortsansässigen zu überlassen. Dadurch kann eine außerordentliche Beschleunigung in der Beförderung der Landposten erreicht und die Marschleistung bei voller Kraftwagenausnutzung ganz wesentlich herabgesetzt werden. Ohne diese technischen Mittel erscheint eine aus volkswirtschaftlichen Gründen erstrebenswerte Verbesserung der an sich unwirtschaftlichen Landposteinrichtungen nicht durchführbar. Die Umstellung ist als Versuch im Gange. Ihre Durchführung wird naturgemäß längere Zeit beanspruchen, da etwa 4000 Kraftwagen erforderlich werden. Immerhin werden die Versuche für die Technik Klarheit bringen, welche Wagengattung für diese Zwecke besonders geeignet und ob das Verfahren wirtschaftlich ausbaufähig ist.

Päckereidienst

Im Postpäckereigeschäft liegen die technischen Aufgaben schwieriger als bei ähnlichen Betrieben anderer Art, weil die zu befördernden Pakete außerordentlich verschiedene Abmessungen haben. Immerhin lassen sich die Grundgedanken der Lastförderanlagen der Industriebetriebe auch für postalische Zwecke verwenden; die Förderanlagen müssen nur den Sonderforderungen angepaßt werden. Daneben bestehen aber im Postpäckereibetrieb noch besondere Verhältnisse, die Sonderkonstruktionen bedingen.

Abb. 9
Paketbeförderung im Paketamt „Berlin 77"

Werden die Pakete bei den Stadtpostanstalten aufgeliefert, so werden sie in der Regel schon hier nach den großen Kurslinien sortiert und durch Postwagen mit Pferde- oder Kraftbetrieb, besonderen Straßenbahnwagen usw., nach den betreffenden Bahnpostanstalten ge-

Abb. 10
Elektropost: Päckchen-Förderbahn — Wagen mit Sendestation

Abb. 11 und 12
Paketbeförderung: Paketverteilanlage mit Vielfachschaltung

schafft. An einzelnen Orten werden die Pakete, um ein Umladen zu vermeiden, in sogenannte Einsatzkarren geladen, die unmittelbar oder mit besonderen Hebefahrzeugen in die Straßenbahnwagen usw. eingesetzt werden können. Beim Bahnhofspostamt werden die nicht in Einsatzkarren verladenen Pakete in Karren sortiert. Diese können nun zu Zügen zusammengestellt und mit Elektroschleppern auf die Verladebahnsteige an die Eisenbahnwagen zur weiteren Beförderung gefahren werden.

Da man die kleineren Pakete, um ihre Beförderung zu erleichtern und zu sichern, in besonderen Säcken verpackt, werden an den Entladestellen in geeigneten Fällen Elektroposten verwendet. Diese Elektropost, Abb. 9, besteht aus einer endlosen Gleisanlage, die hängend angebracht wird. An diesen Gleisen laufen Wagen mit kleinen Motoren, Abb. 10. Neben jeder Verladestelle befindet sich ein Aufzug, in den die Päckchen niedergelegt werden. Nähert sich ein Wagen dem Aufzug, so veranlaßt er diesen durch einen Kontaktschluß selbsttätig zum Aufsteigen und entnimmt ihm die Päckchen, worauf der Aufzug sich wieder abwärts bewegt.

Die Ladung wird dann zu einer Sammelstelle gebracht, wo selbsttätig die Entladung auf verschiedene Arbeitstellen erfolgt. Diese liegen vor dem Beutelgestell, so daß der sortierende Beamte die Päckchen unmittelbar in die entsprechenden Säcke werfen kann. Es sind ferner Anlagen ausgeführt, bei denen die aufgelieferten oder zur Absendung kommenden Pakete statt mit Karren oder Einsatzwagen mit Laufbändern an die Verladestellen auf den Eisenbahngleisen geschafft werden. Für die Wahl und die Ausführung der technischen Mittel sind neben den technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten die örtlichen Verhältnisse vielfach entscheidend.

Am Bestimmungsort werden für die Beförderung der Pakete zu den Bestellpostanstalten im wesentlichen die gleichen Fördermittel benutzt. Bei den Bestellpostanstalten müssen die Pakete für die Bestellfahrten vorbereitet, d. h. nach den Stadtteilen usw. sortiert werden. Diese Arbeit erfordert bei der Verteilung von Hand viel Raum und ist mit großem Leerlauf verbunden. Hier hat die Deutsche Reichspost, angeregt durch ausländische Versuche, Einrichtungen geschaffen, die wirtschaftlich Hervorragendes leisten und technisch neue Wege darstellen.

Zu erwähnen ist in erster Linie die Paketverteileranlage in München, die in dieser Zeitschrift bereits eingehend beschrieben worden ist[1]). Abb. 11 und 12 zeigen Grundriß und Aufriß des Gebäudes, Abb. 13 die Gesamtansicht im Innern.

Diese umfangreiche Anlage hat sich nach den bisherigen Erfahrungen technisch, betrieblich und wirtschaftlich bewährt. Sie ist schon eine Reihe von Monaten im Betrieb und hat namentlich im Weihnachtsverkehr ihre Leistungsfähigkeit voll erwiesen. Der Einführung derartiger Verteilereinrichtungen mit umlaufender Scheibe steht an vielen Stellen vor allem der große Raumbedarf hindernd im Wege.

Anpassungsfähiger erscheinen in dieser Beziehung die Vielfachverteileranlagen mit Laufbändern in Koordinatenanordnung, wie eine solche z. B. beim Paketamt in Nürnberg ausgeführt worden ist. Hier sind die Fächer in einer Ebene untergebracht, und zwar ebenfalls in der schon mehrfach erwähnten Vielfachanordnung. Kürzere Querbänder bringen die Pakete der gleichen Fachnummer auf dasselbe Längsband. Das Längsband sammelt somit die von den Querbändern gleicher Nummernzahl zugeführten Pakete und bringt sie zu der betreffenden Verladestelle, Abb. 14. Diese Anordnung macht die besondere Verteilerscheibe entbehrlich, bedingt aber z. B. bei der Benutzung von Einsatzkarren eine wagerechte Bewegung der Karren in zwei verschiedenen Ebenen, was in manchen Fällen unbequem sein kann.

Die Entwicklung scheint dahin zu gehen, das Heben der Lasten an den Anfang des Fördervorganges zu legen und Karren möglichst ganz zu beseitigen oder auf die Fälle zu beschränken, bei denen Verteilereinrichtungen

Abb. 13
Gesamtansicht der Paketförderanlage „München-Marsfeld"

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1416.

Abb. 14
Paketförderanlage Nürnberg mit Vielfachschaltung

Abb. 15
Fahrbares Steigband für Paketförderung

Abb. 17
Briefschließ- und Stempelmaschine für Briefe mit Kontoauszügen

dieser Art ohnehin nicht anwendbar sind, z. B. bei Sperrstücken, die etwa 5 vH der Sendungen ausmachen. Legt man die Hebearbeit an den Anfang, so kann man in den meisten Fällen, z. B. bei den Postverladebahnhöfen, den für die Verteileranlagen erforderlichen Raum dadurch gewinnen, daß man die umfangreichen Gleisanlagen überbaut. Durch den Einbau von Förderbändern in die Bahnsteige selbst kann man dann die Sendungen (Pakete und Briefbeutel), wie es z. B. bei dem Hauptpostamt in New York geschieht, das über den Gleisen der Pennsylvania Railroad gebaut ist, durch Fördereinrichtungen mehrere Stockwerke hoch in die Sortiersäle, und zwar gleich vor die Verteilereinrichtung schaffen. Von hier wandern die Pakete usw. dann je nach den örtlichen Verhältnissen über Rutschen oder Förderbänder zu den einzelnen Bearbeitungsstellen, um endlich an den Ladeluken zu landen oder über weitere Bänder andern Bahnsteigen zugeführt zu werden, wo sie durch geeignete Abstreifer

Abb. 18
Linotype-Setzmaschine für Postscheckvordrucke

Abb. 16
Der Postscheckverkehr im Deutschen Reich 1909 bis 1926

Abb. 19
Fernkabelnetz in Deutschland bis Ende April 1927

und Abwurfeinrichtungen unmittelbar den Bahnpostwagen zugeführt werden. Eine derartige Förderbandanlage allerdings ohne entsprechende Verteileranlage ist bei dem genannten Postamt in New York im Betrieb.

Bei beengten Bahnsteigen können auch schwenk- und fahrbare Steigbänder, Abb. 15, gute Dienste leisten. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß auf dem Gebiet des postalischen Förderwesens noch sehr viele interessante Aufgaben zu lösen sind, die den konstruierenden Ingenieur reizen dürften und die für die Rationalisierung und Vereinfachung des Postbetriebes von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Scheckverkehr

Treten bei den bisher genannten Postbetriebzweigen (Brief- und Paketverkehr) die Beförderungsfragen in den Vordergrund, so spielen beim Scheckverkehr Organisation und Mechanisierung der einzelnen Arbeitsvorgänge die größere Rolle. Auch der Scheckverkehr ist ein ausgesprochener Massenbetrieb. Die Zahl der Scheckkunden und der Buchungen bewegt sich dauernd in aufsteigender Linie, Abb. 16. Es ist daher selbstverständlich, daß die Deutsche Reichspost bemüht ist, für diesen Betrieb die neuesten Rechenmaschinen, Saldiermaschinen, Adressiermaschinen, Stempelmaschinen usw. zu benutzen.

Abb. 17 zeigt eine Briefverschließ- und Stempelmaschine. In Abb. 18 ist eine Linotype-Setzmaschine dargestellt, die die Druckzeilen für die Scheckvordrucke herstellt. Den Verkehr innerhalb der Scheckämter, z. B. zwischen Zahlstellen und Kontostellen usw., vermitteln umfangreiche Rohrpost- oder Bandförderanlagen, die vielfach den Sonderbedürfnissen der Scheckämter angepaßt sind.

Abb. 20
Inneres eines Verstärkeramtes

Elektrisches Nachrichtenwesen

Auf den Gebieten des elektrischen Nachrichtenwesens aben vor allem zwei Faktoren die neuzeitliche Entwickung der Technik bei der Deutschen Reichspost einschneiend beeinflußt: die Verkabelung des Fernleitungsnetzes nd die Einführung des Selbstanschlußbetriebes. Bekanntich hat die Deutsche Reichspost im Jahre 1921 einen roßzügigen Plan aufgestellt, um ihr oberirdisches Fernitungsnetz durch ein Fernkabelnetz zu ersetzen.)as damals aufgestellte Programm ist im wesentlichen ingehalten worden mit dem Ergebnis, daß Ende 1926 507 km Fernkabel verlegt waren, wie dies Abb. 19 erennen läßt. Damit ist für den innerdeutschen Verkehr in betriebsicheres, von den Unbilden der Witterung unbhängiges Leitungsnetz geschaffen worden. Der Verkehr nit den Nachbarländern konnte weiter ausgebaut werden, a Anschluß an deren Fernkabelnetze gefunden wurde. o steht das deutsche Fernkabelnetz in unmittelbarer Verindung mit den Fernkabelnetzen von Holland, Frankreich, er Schweiz, Österreich und den nordischen Ländern. Der ınschluß von Belgien steht kurz bevor. Über Holland st außerdem eine unmittelbare Verbindung mit dem engschen Netz vorhanden.

Dieser Erfolg war nur möglich durch die Erfindung er Verstärkerröhre, die inzwischen zu einem betriebicheren, unentbehrlichen Hilfsmittel der Leitungstechnik ntwickelt worden ist. Früher konnte man die auf dem abelweg auftretenden Sprechstromverluste nur durch öheren Kupferaufwand und durch Einbau von Selbstinduktionspulen als Gegenmittel gegen die durch die Kabelkapazität bedingten Verluste bis zu einem gewissen Grade ausgleichen. Dabei zogen aber die hohen Kosten der Kabel und deren Unhandlichkeit verhältnismäßig enge Grenzen. Erst die Verstärkerröhre beseitigte diese Fessel, da sie dem Ingenieur ein Mittel in die Hand gab, die im Kabel eingetretenen Verluste durch Einschalten einer neuen Energiequelle auszugleichen.

Die Fernkabel der Deutschen Reichspost sind aus Leitungen von zwei verschiedenen Adersträngen zusammengesetzt, sie enthalten 0,9 und 1,4 mm dicke Adern. Hieraus ergibt sich technisch die Notwendigkeit, in den 0,9 mm dicken Adern in 75 km, in den 1,4 mm dicken Adern in 150 km Entfernung voneinander Verstärker vorzusehen. Da diese Entfernungen möglichst genau innegehalten werden müssen, fallen diese Verstärkerpunkte nicht immer mit Verkehrspunkten zusammen, so daß besondere Verstärkergebäude errichtet werden müssen. Da die Verstärkerröhren nur selten nachgestellt zu werden brauchen, erfordert die Überwachung der Verstärkerämter nur geringes Personal. Die Verstärkerämter der Deutschen Reichspost sind in der Regel einem Oberwerkmeister unterstellt, dem zur Unterstützung ein oder zwei Maschinenwärter und einige weibliche Hilfskräfte beigegeben sind. Abb. 20 zeigt das Innere eines derartigen Verstärkeramtes.

Hand in Hand mit der Verkabelung des Fernleitungsnetzes ist das Bestreben der Deutschen Reichspost darauf gerichtet, auch die Störungen innerhalb der Ortfernsprechnetze durch weitgehende Verlegung der Leitungen in Erd- oder Luftkabel herabzudrücken. Diese Bestrebungen stellen hohe Anforderungen an den Streckenbau. Auch hier hat die Umstellung auf Maschinenarbeit in den letzten Jahren bemerkenswerte Fortschritte gemacht. Für die Mannschafts-, Geräte-, Kabel- und Stangenbeförderung sind besondere Fahrzeuge ausgebildet worden. Abb. 21

Abb. 21
Kabeltransportzug und Kraftkabelwinde

Abb. 22 und 23
Alter und neuer Heb-Drehwähler

Abb. 22
Alter Wähler

Abb. 23
Neuer Wähler

zeigt einen vollständigen Kabeltransportzug mit Kabelwinde in Tätigkeit.

Die einschneidendsten Änderungen der Technik hat aber die Umstellung auf den Selbstanschlußbetrieb mit sich gebracht. Von den 2,6 Mill. Fernsprechanschlüssen sind inzwischen rd. 20 vH auf die neue Betriebsweise umgestellt worden. Bei dieser Betriebsweise, die auch in Mannheim durchgeführt ist, stellt der Teilnehmer bekanntlich seine Verbindungen mit Hilfe einer Nummernscheibe selbst ein. Er steuert mit dieser Nummernscheibe Wähler auf dem Amt, die seine Leitung mit der des gewünschten Anschlusses verbinden.

Die Deutsche Reichspost verwendet allgemein Amtseinrichtungen mit hundertteiligen Heb-Drehwählern, die zehn Heb- und zehn Drehschritte in jeder Höhenstufe aufweisen. Diese Heb-Drehwähler haben verschiedene Entwicklungsstufen durchgemacht, in denen Kosten und Raumbedarf herabgesetzt wurden. Abb. 22 und 23 zeigen Entwicklungsstufen dieses Wählers, von denen die letzte, Abb. 23, im Laufe dieses Jahres als Einheitsmuster der Deutschen Reichspost in Betrieb kommen wird. Dieser Wähler bedeutet gegenüber dem älteren Muster mit drei Arbeitselektromagneten etwa 20 vH Kostenersparnis und beansprucht nur etwa ein Drittel des Raumes.

Der Übergang zum Selbstanschlußbetrieb bedeutet neben der Betriebsverbesserung eine wesentliche Ersparnis an Betriebskosten. Abb. 24 zeigt als Beispiel an einer Schaulinie für das Ortfernsprechnetz Köln, wie sich das Personal infolge der Umstellung auf den Selbstanschlußbetrieb verringert. Obgleich die Zahl der Anschlußleitungen nach der bisherigen Tendenz eine stark steigende Richtung hat, geht der Personalbedarf bei der Einrichtung jedes weiteren Selbstanschlußamtes zurück, bis die Umstellung beendet ist.

Diese Umstellung geht in den großen Ortfernsprechnetzen so vor sich, daß man das ganze Ortfernsprechnetz nach seiner Sprechstellendichte in Anschlußbezirke teilt, von denen jeder im Endzustand unter Berücksichtigung einer 10jährigen Entwicklung etwa 10 000 Anschlußleitungen enthält. Eine solche Netzunterteilung ist im Selbstanschlußbetrieb durchführbar, ohne daß die Betriebskosten ungünstig beeinflußt werden, da der Verkehr von Amt zu Amt sich in derselben Weise abwickelt, als ob die Wähler alle auf einem Amt vereinigt wären. Hierin liegt dem bisherigen Handbetrieb gegenüber ein großer Vorteil. Beim Handbetrieb konnte die Netzunterteilung nicht soweit getrieben werden, weil jedes weitere Amt durch den Personalaufwand für den Verkehr von Amt zu Amt die laufenden Personalkosten ganz wesentlich steigen ließ.

Die planmäßige Unterteilung des Leitungsnetzes führt ferner zu wesentlichen Ersparnissen an Leitungsaufwand. In Abb. 25 ist für das Ortfernsprechnetz Köln die mittlere Leitungslänge für eine Anschlußleitung bei der Einschaltung der verschiedenen Unterämter, die teils im Betriebe, teils im Bau sind, berechnet. Es ze sich, daß die mittlere Anschlußlänge von 2,6 km vor Netzunterteilung auf etwa 1,85 km nach der Durchfü rung des Selbstanschlußbetriebes gesunken sein wi Nach diesem Zeitpunkt wird sie wieder etwas steig aber die ursprüngliche Höhe nie wieder erreichen.

Die Einwirkung des Selbstanschlußbetriebes auf technische Entwicklung des Fernsprechwesens schränkt sich keineswegs auf die Ortnetze selbst, greift vielmehr über deren Grenzen hinaus. Als Beisp möge die Einführung des Selbstanschlußbetriebes rheinisch-westfälischen Industriebezirk dienen. Das L tungsnetz des rheinisch-westfälischen Industriegebi war vor der Umstellung so aufgebaut, daß jeder Ort jedem andern durch unmittelbare Leitungsbündel v bunden war. Hieraus ergab sich die in Abb. 26 d gestellte Netzspinne mit den zahlreichen Verbindun leitungsbündeln. Diese einzelnen Bündel sind nat gemäß dem Spitzenverkehr angepaßt und somit name lich zwischen den Orten mit geringem Verkehr schle ausgenutzt.

Die Einführung des Selbstanschlußbetriebes stattete, diese Verhältnisse grundsätzlich umzugestalt indem an den wichtigen Verkehrsmittelpunkten Netzknot punkte geschaffen wurden, die von den Seitenämtern mittelbar angesteuert werden. Dadurch wird es m lich, alle die kleinen Leitungsbündel zu beseitigen u die Knotenpunkte durch entsprechend stärkere Leitun bündel miteinander zu verbinden, die eine wesentli günstigere Ausnutzmöglichkeit bieten, Abb. 27.

Augenblicklich ist die Umstellung für die abgehen Richtung des Verkehrs schon durchgeführt. Für die kommende ist sie bei den vor einigen Monaten voll zu Selbstanschlußbetrieb umgestellten Knotenämtern Ess und Hagen fertiggestellt, die übrigen Knotenäm werden bei ihrer Umstellung folgen.

Der Gang einer Verbindung von einem Seitena mit einem Teilnehmer eines fernen Knotenamts od eines ihm zugeordneten Seitenamts ist folgender: D Selbstanschlußteilnehmer des Seitenamts stellt an sein Nummernscheibe die Zahl 9 ein, Abb. 28. Hierdurch wi er selbsttätig mit einer Abfragebeamtin seines Schne verkehrsamts verbunden. Der sich meldenden Beamt teilt er sein Anschlußamt, seine Anschlußnummer u das gewünschte Amt mit Nummer mit, wie es im Fe verkehr zur Gebührenkontrolle erforderlich ist. D Schnellverkehrsbeamtin verbindet ihn dann mit ein abgehenden Leitung nach dem fernen Knotenamt. D meldet sich eine Beamtin, die selbsttätig an die Verbi dungsleitung, in der der Ruf eingeht, angeschaltet wi Der anmeldende Teilnehmer nennt nochmals die Numm usw. des verlangten Teilnehmers und wird über Wähl mit diesem verbunden. Während bei der bisherigen B triebsweise alle aus dem ganzen Bezirksnetz ankomme den Verbindungsleitungen auf einzelne Arbeitsplätze ve teilt werden mußten, enden diese Leitungen nach d Umstellung auf den Selbstanschlußbetrieb in Wähler denen besondere Platzwähler zugeteilt sind. Die Platzwähler suchen selbsttätig eine jeweils freie B amtin aus, die nur so lange angeschaltet bleibt, als zu

Abb. 24
Veränderungen des Bedarfs an Betriebspersonal im Fernsprechnetz Köln bei fortschreitender Einrichtung von Selbstanschlußämtern

Abb. 25
Durchschnittliche Anschlußleitungslänge im Fernsprechnetz Köln bei fortschreitender Dezentralisation des Vermittlungsdienstes

Abb. 26 und 27
Leitungsnetz des rheinisch-westfälischen Industriegebietes vor und nach der Umstellung

)icken der an ihrem Arbeitsplatz angebrachten Ein-
tltasten und für den Einstellvorgang erforderlich ist.
)m wird der Tastensatz selbsttätig für die Entgegen-
ıme weiterer Verbindungen frei.

Die Arbeit an den Zahlengeberplätzen ist somit
ıerordentlich einfach. Vor allen Dingen kann die
tzbesetzung jederzeit dem Verkehrsbedürfnis an-
raßt werden, ohne daß sich die Tätigkeit der Be-
ın in irgendwie ändert. Nachts laufen z. B. die aus
ie ganzen Industriegebiet bei einem Knotenamt an-
ımenden Anrufe selbsttätig an einem einzigen Ar-
esplatz ein, ohne daß irgendwelche Umschaltungen
e Leitungen usw. vorzunehmen sind.

Auch der Bau der Fernämter ist durch die
ählertechnik bestimmend beeinflußt worden. Ein
spiel hierfür ist das Fernamt Mannheim, das als Ver-
ısanlage für das im Bau befindliche große Fernamt
ein ausgeführt worden ist[2]). Abb. 29 zeigt schematisch
die Wirkungsweise eines solchen Fernamts, bei dem die einzelnen Arbeitsplätze die Teilnehmer, die Vorschaltplätze und die übrigen Fernleitungen für den Durchgangverkehr über Wähler erreichen können. Die Arbeitsplätze haben daher keine Stöpsel und Klinken, sondern lediglich Nummernscheiben neben den Sprechschlüsseln und Kupplungstasten, um die verschiedenartigen Verbindungen ausführen zu können.

Abb. 30 und 31 lassen den Einfluß dieser neuen technischen Mittel auf die Ausgestaltung der Fernämter erkennen. Abb. 30 stellt ein Fernamt dar, das mit Stöpsel und Klinken arbeitet, Abb. 31 gibt einen Blick in das Fernamt Mannheim, bei dem die einzelnen Arbeitsplätze in Anpassung an die abweichende Technik als Tische ausgestaltet sind. Abb. 31 läßt die Ausrüstung der Arbeitsplätze mit Sprechschlüsseln, Kupplungstasten und Nummernscheibe erkennen.

Bei der Telegraphie auf Leitung vollzieht sich zur Zeit eine Umstellung in bezug auf die Verwendung der Telegraphengeräte und deren Weiterentwicklung. Für die Beförderung von Telegrammen auf kürzere Entfernungen, etwa bis 100 km, und bei schwächerem Verkehr gewinnt der Fernsprecher größere Bedeutung und ersetzt den schwerfälligen Morseapparat. Für mittleren

[2]) „Tel.- u. Fernsprechtechnik" Bd. 15 (1926) S. 301.

Abb. 28
Darstellung einer Schnellverkehrsverbindung
VW Vorwähler *GW* Gruppenwähler *LW* Leitungswähler
DW Dienstwähler *AL* Anruflampe *SL* Schlußlampe

Abb. 29
Wirkungsweise eines schnurlosen Fernamts
SS, ES, VES Schalter *KoT, VKoT* Tasten *dr, r* Relaiskontakte
AL Anruflampe *SL* Schlußlampe *UL* Ueberwachungslampe
BL, RL, FL Lampen für besondere Zwecke *SZ* Besetztschauzeichen *FKv* Klinken *VW* Vorwähler *GW* Gruppenwähler
LW Leitungswähler *T* Teilnehmer

Abb. 30
Fernamt, alte Einrichtung

Abb. 31
Fernamt, neue Einrichtung

Verkehr ist ein Apparat mit Schreibmaschinentastatur und Typen-Druckempfang sehr beachtenswert, von dem eine Ausführungsform zur Zeit erfolgreich erprobt wird. Für den großen Verkehr wird der bekannte Siemens-Schnelltelegraph benutzt, wenn erforderlich mit Mehrfachausnutzung der Leistungen durch Tonfrequenz.

Die Arbeiten, die Fernkabel mehr wie bisher für Telegraphenzwecke mit zu benutzen, sind in vollem Gange. Diese Arbeiten sind deshalb für Deutschland von besonderer Bedeutung, weil sich hier ein Weg bietet, auch die Telegraphenleitungen mehr wie bisher Einflüssen der Luft zu entziehen und den Betrieb durch Fortfall der besonderen Leitungen wirtschaftlicher zu gestalten. Mit gutem Erfolg sind auch Wege erprobt und durchgeführt worden, Laufzeit der Telegramme innerhalb der Ämter abzukür Zu diesem Zweck sind die Mittel der neuzeitlichen För technik, wie Rohrpost, Bandpost, Seilpost, ihrer Eige entsprechend in den Dienst der Sache gestellt worden.

Auf dem funktelegraphischen Gebiet die Bildfunkversuche nach dem Verfahren Telefun Karolus-Siemens[3]) auf den Strecken Nauen – Rio de neiro und Nauen – Rom zu einem gewissen Abschluß bracht worden und haben die technisch-prakti Brauchbarkeit des eingeschlagenen Weges ergeben. [B

[3]) Z. Bd. 70 (1926) S. 725.

Massenfertigung von Holzersatzteilen in Eisenbahnwerken [1])

Der Vortragende geht zunächst kurz auf den Übergang von handwerksmäßiger auf fabrikartige Arbeitsweise in Eisenbahnwerken ein und schildert, wie sich aus dieser schließlich in einzelnen Werkstättenabteilungen nach Normung der Einzelteile der Eisenbahnfahrzeuge und Zusammenlegung bestimmter Arbeiten für größere Bezirke eine sehr wirtschaftliche Massenfertigung entwickelt hat. Besonders groß war der Erfolg bei den Holzbearbeitungswerkstätten, wo eine wesentlich bessere Ausnutzung der Rohware durch Verminderung des Abfalles, eine bedeutende Verringerung der Lohnkosten, beste Ausnutzung der Maschinen und größte Genauigkeit erreicht wurden.

Die Mittel, die zu diesem Ziel führten, waren die gänzliche Ausschaltung aller Handarbeit und die Arbeit nach Lehren und Schablonen, mit besonderen Vorrichtungen auf wirtschaftlich arbeitenden Maschinen, Vereinfachung und Verringerung der Arbeitsvorgänge, durch genaue Festlegung der Arbeitsverfahren und eine alle Vorgänge erfassende Arbeitsvorbereitung, ferner Fließarbeit und genaue Erfassung der Maschinen- und Handzeiten.

An den praktischen Beispielen der Herstellung eines Fensterrahmens, eines Abortsitzes, eines Dachspriegels und einer Einsteckrunge werden das frühere und das jetzige Verfahren einander gegenübergestellt. Alsdann wird auf den Vorrichtungsbau näher eingegangen und einige besondere Vorteile bringende Vorrichtungen werden vorgeführt. Zum Schluß werden noch das maschinelle Streichen der Bretter mit einem Grundanstrich und eine Anstrichmaschine im Bild gezeigt. [N 466]

[1]) Auszug aus dem Vortrage von Oberregierungs- und Baurat Bardtke, Wittenberge, in der Fachsitzung „Betriebstechnik" der 66. Hauptversammlung; vergl. S. 764 und 797 dieses Heftes.

Die Mannheimer Milchversorgung [1])

Die Mannheimer Milchzentrale, eine Aktien-Gesellsc die überwiegend der Stadt Mannheim gehört, führt die samte Milch für Mannheim ein, und zwar aus einem w gestreckten Gebiet, so daß die Milch durchschnittlich 220 zurücklegt. Sie beeinflußt die Güte der Milchgewinn durch landwirtschaftlich gebildete Außenbeamte, die Milcherzeuger besuchen. In den Liefergemeinden Sammelstellen, in denen die Milch geseiht und mit Wa gekühlt wird. Sie gelangt dann durch Straßenwagen Tiefkühlstellen und von hier in wärmegeschützten Ei bahnwagen nach Mannheim zur Milchzentrale, wo sie a an heißen Tagen süß ankommt, ohne daß chemische K servierungsmittel zugesetzt wurden.

In der Zentrale wird die Milch in einer Schleuder reinigt und auf Dauer pasteurisiert, um dann an die Kl händler zur Verteilung an die Kundschaft abgegeben werden. Soweit die Menge der einlaufenden Milch den darf an Trinkmilch und Yoghurt überschreitet, wird sie Butter und Käse verarbeitet. Die Milchzentrale läßt Pro der Milch vom Stall an in den verschiedenen Stufen Beförderung und Behandlung untersuchen. Die städtisc Behörden untersuchen Proben der von den Erzeugern Lieferern kommenden Milch, der in der Milchzentrale gabefertig aufbewahrten Milch und der von den Milchhä lern verkauften Milch. Vergleiche der beiden zuletzt nannten Untersuchungen lassen etwaige Fälschungen Milchhändler erkennen. Ein kleiner Teil der Milch w auf einem von der Milchzentrale bewirtschafteten Gut wonnen.

[N 197] Martin

[1]) H. L. Schmitt, Das Arbeitsfeld der Mannheimer Milchzent A.-G. in Mannheim, 178 S. m. zahlr. Abb. Preis 5 M.

Leistungsversuche an einer 11000 kW-Zoelly-Dampfturbine

Von Prof. Dr. A. Stodola, Zürich

Eine zehnstufige eingehäusige Zoelly-Turbine ergab bei rd. 11 000 kW Klemmenleistung, rd. 14 at abs Dampfdruck und 350° vor dem Hauptabschluß der Dampfleitung als thermodynamischen Gütegrad der Energieumwandlung in der Turbine, d. h. bezogen auf den Zustand vor dem 1. Leitrad, die genau gemessene Luftleere hinter dem letzten Laufrad und innere Leistung 84,8 vH. Der mittlere „Schaufelwirkungsgrad" einschließlich Radreibung, Undichtheit und Saugwirkung im Spalt beträgt 83,9 vH; wird die Verschlechterung des Wirkungsgrades im Niederdruckteil durch die Dampfnässe nach bisherigen Erfahrungen berücksichtigt, so ergibt sich für die 6. Hochdruckstufe nach Abzug von Radreibung und Undichtheit ein reiner Schaufelwirkungsgrad von 90 vH.

Abb. 1
Eingehäuseturbine von 11 000 kW, gebaut von Escher, Wyss & Cie., Zürich, für das Kraftwerk Wehrden

Über die Wirksamkeit der neuzeitlichen Gleichdruckschaufel findet man in der Fachliteratur nur spärliche Angaben. Ich nahm daher gerne die Ge-enheit wahr, eine Turbine zu untersuchen, an der die -itige Größe des „Schaufel"- oder hydraulischen Wir-ugsgrades, der das eigentliche Maß für die Güte der -rgieumwandlung in der Schaufel bildet, im großen -gestellt werden konnte. Außerdem ermöglichen die -ifolgend beschriebenen Versuche Vergleiche zwischen -e Leistungen ein- und mehrgehäusiger Turbinen, bieten -ls dem die Verantwortung tragenden Werkleiter An-aunkte zur sicheren Entscheidung der oft schwierigen -rge, ob der einen oder der andern Bauart der Vorzug u-eben sei.

Die Turbine, Abb. 1, wurde Ende 1926 von der A.-G. -Maschinenfabriken Escher, Wyß & Cie., Zürich, im -rtwerk Wehrden aufgestellt, das die Röchlingschen -sen- und Stahlwerke A.-G. in Völklingen und die Stadt -arbrücken samt Umgebung mit elektrischer Energie -orgt.

Die Bauart der Turbine weist gegenüber älteren Aus-ungen beachtenswerte Neuerungen auf. So bestehen -e Leiträder der 1. bis 5. Stufe aus sehr kräftigen Krän-en mit eingegossenen Leitschaufeln, die durch einen Falz -n den hohlgegossenen Zwischenboden greifen und mit ihm -urch Nieten verbunden sind. Alle Leitkränze greifen mit -erzahnung ineinander, wodurch sie einander stark ver-teifen. Bei Durchbiegungen des Zwischenbodens hat der -ußenumfang des Leitkranzes wegen Schiefstellung das -estreben, sich nach außen zu drängen, was durch die erwähnte Verzahnung, wie Versuche der Erbauerin bewiesen haben, derart behindert wird, daß die Durchbiegung bei gleicher Belastung erheblich abnimmt und die richtige Zentrierung der Leiträder gegen die Welle besser gewahrt wird.

Ferner wurde das Abdampfgehäuse so abgeändert, daß der Dampfstrom nicht mehr zur Umkehr nach vorne gezwungen wird, sondern mit der unvermeidlichen einzigen Ablenkung von 90° in das lotrecht abfallende Abdampfrohr eintritt. Der Abdampfstrom ist zur besseren

Zahlentafel 1
Abmessungen der Turbine

Stufe Nr.	Mittlerer Beaufschl.-Dmr. mm	Schaufelwinkel in Graden			
		Leitrad		Laufrad	
		Eintritt	Austritt	Eintritt	Austritt
1	1200	90	14	30	20
2	1220	120	14	30	20
3	1245	115	14	30	20
4	1300	120	14	30	20
5	1350	120	12	30	20
6	1410	120	11	28	20
7	1460	125	10	28	20
8	1520	125	10	28	20
9	1560	130	12,5	28	20
10	1600	120	18	33	35

Hochdrucklager Dmr. 180 mm Länge 360 mm
Niederdrucklager „ 200 „ „ 400 „
Gewicht des Läufers 3950 kg

Zahlentafel 2. Spaltgrößen und Spiele der Turbine

Stufe			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
Axialer Spalt zwischen Leit- und Laufrad auf der Beaufschlagungsseite	rechts	mm	2,2	1,8	2,5	2,7	2,5	3,0	3,0	3,8	3,8	4
	links	„	2,2	1,8	2,4	2,8	2,3	3,2	2,9	3,8	3,8	4
Axialer Spalt auf der Austrittseite des Laufrades	rechts	„	8,2	8,3	7	7	7	9	9	9	10	–
	links	„	9	9	8	7	7	8	9	9	10	–
Radiales Spiel zwischen Laufschaufel und Gehäuse	rechts links	„	4,8	4,8	5,4	5,3	5,3	5,1	5,1	6,5	15,3	16

Führung durch eine mittlere Scheidewand in eine obere und untere Hälfte geteilt, die das Gehäuse so versteift, daß das Niederdrucklager in einer Mulde des Gehäuses unmittelbar an der Stopfbüchse angeordnet werden konnte. Im übrigen kann man feststellen, daß die Erbauerin der Zoelly-Turbine in bemerkenswerter Weise an ihren sonstigen bewährten baulichen Einzelheiten festhält, wie z. B. an den Kohlenstopfbüchsen, am mehrfachen Kammlager zum Ausgleich des Achsschubes und an dem wohlbekannten Reglergetriebe mit ständigem aber geringem Öldurchfluß[1]).

Dank dem Entgegenkommen der Erbauerin bin ich in der Lage, die in Zahlentafel 1 enthaltenen Angaben über die Abmessungen der Turbine zu veröffentlichen, deren Kenntnis mit Rücksicht auf die mitzuteilenden Versuchsergebnisse für den Fachmann von Wert sein dürfte.

Der wegen der Bestimmung des Wirkungsgrades des Stromerzeugers notwendige Ausbau des Turbinenläufers ermöglichte, die Spaltweiten und radialen Schaufelspiele der Laufräder zu messen, die mit Zustimmung der Erbauerin in Zahlentafel 2 mitgeteilt werden. Der Erwärmungszustand der Turbine kann daraus beurteilt werden, daß sie am 5. Dezember 1926 um 1 Uhr morgens abgestellt, das Gehäuse um 8 Uhr vormittags geöffnet wurde und die Spiele am gleichen Tage abends nach 6 Uhr gemessen wurden.

An dieser Turbine wurden vom 4. bis 6. Dezember 1926 Leistungsversuche zur Bestimmung des Dampfverbrauches und des Wirkungsgrades des Stromerzeugers durchgeführt, aus denen die thermodynamischen Wirkungsgrade berechnet werden konnten.

Das Meßverfahren entsprach den allgemein üblichen Normen mit besonderem Augenmerk auf die Verhältnisse der Strahlpumpe, die zum Absaugen der Luft aus dem Kondensator dient. Im einzelnen ist hierüber folgendes anzuführen:

Meßgeräte und Meßverfahren

Die Drücke am Eintritt wurden mit Manometern gemessen, die mittels Quecksilbersäule im Maschinenlaboratorium der Eidgenössischen Technischen Hochschule geeicht wurden. Zur Bestimmung der Luftleere, und zwar rechts und links in der Höhe des Wellenmittels, ferner unmittelbar vor der Einmündung des Abdampfrohres in den Kondensator, dienten einfache Quecksilbersäulen, deren Ablesung mit einem vor und nach dem Versuch geeichten Barometer von Fueß verglichen wurde, und gekürzte, U-förmige Barometerrohre, die mit Quecksilber gefüllt und ausgekocht waren, so daß der Spiegelunterschied in den beiden Schenkeln die Luftleere in absolutem Maß anzeigte.

Die Barometer zeigten im Mittel um rund 2 mm kleinere Luftleere an als die Saugsäulen. Als Gründe für diese Abweichung kommen in Betracht: Undichtheit der Kautschukrohranschlüsse an die Meßstellen, unvollständiges Auskochen der Gefäße oder des Quecksilbers, nachträgliches Eindringen von Luft oder Feuchtigkeit in die Barometer. Mit Rücksicht auf die unten mitgeteilten nachträglichen Messungen wurde den Ablesungen am Saugrohr dreimal größeres Gewicht erteilt als denen am Barometer.

Für die Bestimmung der Temperaturen benutzte man Quecksilberthermometer, die von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin und vom Eidgenössischen Amt für Maß und Gewicht in Bern unmittelbar vor dem Versuch geeicht worden waren. Die Thermometer steckten in geschlossenen Hülsen, die mit Callendarschen Heizrippen versehen waren.
Füllung konnte Quecksilber verwendet werden.

Den Dampfverbrauch ermittelte man du
Messung des Kondensates in zwei abwechselnd beschi
ten Schmiedeisenbehältern mit gemeinsamer Scheidewa
die durch eine Überfallkante den rd. 2 m³ betragen
Inhalt genau zu begrenzen erlaubte. Infolge der tie
Kondensattemperatur kommt keine Berichtigung we
Oberflächenverdunstung in Frage. Bei der Eichung w
den die übrigens geringfügigen Unterschiede der Tem
ratur berücksichtigt.

Die aus den Entwässerungsleitungen der Sto
büchsen, des Entnahmekanales und des Eintrittri
kanales entfernten Kondensatmengen wurden aufgefang
betrugen jedoch, wie nicht anders zu erwarten, beim Hau
versuch nur etwa 1/5000 der Gesamtdampfmenge. Für
Stopfbüchsenverlust wurde die Ausströmgeschwindigk
aus dem Ableitungsrohr auf 15 m/s geschätzt. Mit Rü
sicht auf die Rohrweite von 40 mm und die Annah
eines radialen Spieles der Vorkammerabschlüsse ge
die Welle von 0,4 mm kann der Verlust der beiden Sto
büchsen zusammengenommen auf 110 kg/h geschätzt w
den. Spätere Meßversuche an hiesigen Turbinen
Pitotrohren, die man, um Dampfkondensierung zu verm
den, erhitzte, haben bei ungefähr gleicher Dampfwo
am Ausflußrohr erheblich kleinere Strömungsgeschw
digkeiten ergeben. Die nachfolgenden Zahlentafeln be
teilen daher die Turbine, besonders bei halber Last,
ungünstig.

Als letzte Berichtigung kommt die Dampfmenge
Betracht, die mit der durch das Wasserstrahlgebläse
trennt abgesaugten Luft aus dem Kondensator abge
Infolge des oft ausgesprochenen Verdachtes, daß di
Dampfmenge das Endergebnis merklich beeinfluss
könnte, wurde ihrer Bestimmung besonderes Augenm
zugewendet.

In einem besonderen Meßversuch schloß man
Schieber der Zu- und Ableitung zum Ausgußbehälter
Strahlpumpe ab und beobachtete die Temperaturerhöhu
die dessen umlaufender Inhalt infolge der reinen Pun
arbeit und der Wärme des abgesogenen Dampf-Lu
Gemisches erfährt. Es wurde folgendes beobachtet:

1. Maßgebende Meßdauer . . . . . . 1 h
2. Temperatur des eintretenden Dampfluftgemisches . . . . 20 °C
3. Druck des Dampfluftgemisches . . . 0,0288 at a
4. Anfangstemperatur des umlaufenden Strahlwassers . . . . 17,1 °C
5. Endtemperatur des umlaufenden Strahlwassers . . . . 20,1 °C
6. Wasserinhalt des Ausgußgefäßes . . 15,2 m³
7. Zunahme seines Wärmeinhaltes $Q = 3 \cdot 15\,200$ . . . . 45 600 kcal
8. Wärmeableitung der Umfassungwände von rd. 24 m² bei 0,25 m Dicke und rd. 6 ° Temperatur des umgebenden Erdreiches rd. . . . . 1 000 „
9. Vom Strahlwasser im ganzen abgegebene Wärmemenge . . . . 46 600 „
10. Gemessene Leistung des elektrischen Antriebmotors an den Klemmen . . 65 kW
11. Mit 0,9 als Wirkungsgrad und Abzug von 12,5 PS für die mitangetriebene Kondensatpumpe bleiben 67,0 PS, deren Wärmewert $= 67 \times 632$ . . . 42 300 kcal
12. Durch Niederschlagen und Abkühlen des Dampfes abgegebene Wärmemenge (9.—11.) . . . . 4 300 „

[1]) „Dampf- und Gasturbinen“, 6. Aufl. S. 461.

Beim Niederschlagen freiwerdende Wärme bei 20° Temperatur des Dampfluftgemisches, einschl. 2° Flüssigkeitsabkühlung, nach Knoblauch je kg	588 kcal/kg
. Mit dem Dampfluftgemisch abgehende Dampfmenge (12. : 13.)	7,3 kg/h

Die wegen der Strahlpumpe anzubringende Berich-rung ist somit unter den Verhältnissen des Meßver-ches vernachlässigbar klein.

Um dieses Ergebnis auf anderem Weg zu bestätigen, hrte ich im Versuchsraum der Erbauerin Versuche mit ier Strahlpumpe von gleicher Bauart wie in Wehrden rch, die indessen nur mit einem Strahl arbeitete. Die obachtungen, die den Verhältnissen des Hauptver-ches in Wehrden am nächsten kommen, sind:

Temperatur des Strahlwassers . . .	23,9 °C
„ „ Dampfluftgemisches .	18,8 „
Luftleere	0,0368 at abs
Angesogene Luftmenge (Düsenmessung)	0,79 kg/h
Angesogene Luftmenge (Düsenmessung)	0,75 „

Da die Pumpe in Wehrden mit 12 gleichen Strahlen beitet, so beträgt die beim Hauptversuch angesogene Dampfmenge $12 \cdot 0{,}75 = 9$ kg/h und die angesogene Luftmenge $12 \cdot 0{,}79 = 9{,}5$ kg/h. Diese Werte stimmen nahe überein mit den im Meßversuch ermittelten Werten. Diese Dampfmenge ergibt als Berichtigung des Dampfverbrauches weniger als 1 vT und wird berücksichtigt, indem man die Stopfbüchsenverluste durchweg auf 120 kg/h aufrundet. Die verhältnismäßige Kleinheit der angesogenen Luftmenge zeugt von gutem Zustand aller Abdichtungen und richtiger Bemessung des Sperrdampfes an den Stopfbüchsen.

Die elektrischen Messungen lagen in der Hand der Prüfanstalten des Schweizer Elektrotechnischen Vereins. Da diese Prüfanstalten teilweise an das Eidgenössische Amt für Maß und Gewicht angegliedert sind, haben sie halbamtlichen Charakter und genießen in der Schweiz als unbeteiligte Stelle hohes Ansehen. Alle Meßgeräte werden vor und nach den Versuchen geeicht. Die Bestimmung des Stromerzeugerwirkungsgrades erfolgte mit besonderer Sorgfalt.

Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Schwankungen der Belastung während der Vorversuche vom 4. Dezember 1926 waren offenbar infolge des unruhigen Stahlwerkbetriebes etwas groß und zwangen, die Genauigkeit der Messungen durch Vermeh-

Zahlentafel 3. Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

		Vorversuche		Hauptversuche	
rsuch Nr.		1	2	3	4
rsuchstag		4. 12. 26	4. 12. 26	6. 12. 26	6. 12. 26
uer	min	51	109	45	120
rometerstand	mm Q.-S.	742,5	739,8	758	757,4
uck vor dem Hauptventil	at abs	14,917	14,790	13,50	13,894
mperatur vor dem Hauptventil	°C	324,80	336,07	350,79	350,48
uck vor dem Regelventil	at abs	14,5	14,7	13,458	13,720
mperatur vor dem Regelventil	°C	323,35	334,47	349,57	348,69
uck vor dem ersten Leitrad	at abs	1,004	6,559	9,256	12,559
mperatur vor dem ersten Leitrad, berechnet mit $i =$ konst. nach Knoblauch	°C	308	325,156	345,3	347,358
gendruck am Kondensator	at abs	0,0454	0,0241	0,0300	0,0426
gendruck hinter dem letzten Laufrad oder kurz: in Wellenmitte	„	0,0459	0,0278	0,0340	0,0467
mperatur an den Meßpunkten 7 und 10	°C	86,37	20,37	24,20	30,15
ttigungstemperatur entsprechend dem Gegendruck in Wellenmitte	„	—	22,34	25,85	31,33
mpfmenge	kg/h	4707	27 918	38 040	51 260
pfbüchsenverlust	„	120	120	120	120
samtdampfmenge	„	4827	28 038	38 160	51 380
istung an den Klemmen des Stromerzeugers	kW	0	5 477	7 966	10 975
ehzahl	Uml./min	3045	3 040	3 041	3 041
samtverluste des Stromerzeugers	kW	300	479	543	596
rkungsgrad des Stromerzeugers	vH	—	92	93,6	94,9
stung an der Kupplung	kW	300	5 956	8 509	11 571
mpfverbrauch, bezogen auf die Leistung an der Kupplung	kg/kWh	16,09	4,707	4,485	4,44
Thermodynamische Bilanz					
iabatisches Gefälle, bezogen auf den Zustand vor dem Hauptabschluß und auf den Druck im Kondensator	kcal/kg	—	249,813	245,59	237,31
iabatisches Gefälle, bez. auf den Zustand vor dem 1. Leitrad und den Druck in Wellenmitte nach Knoblauch	„	140,3	219,84	229,59	230,39
iabatisches Gefälle, bezogen auf den Zustand vor dem 1. Leitrad und den Druck im Kondensator	„	140,7	223,6	232,14	232,93
rmegefälle, entsprechend der Leistung an der Kupplung	„	—	182,63	191,68	193,61
rmodynamischer Wirkungsgrad, bez. auf den Zustand vor dem Hauptabschluß und den Druck im Kondensator	vH	—	73,11	78,05	81,59
rmodynamischer Wirkungsgrad, bezogen auf die Leistung an der Kupplung und den Zustand vor dem 1. Leitrad und den Druck in Wellenmitte	„	—	83,08	83,49	84,03
erreibung, Ölpumpen und Regulatorantrieb	kW	115	115	115	115
ere Leistung	„	415	6 071	8 624	11 686
rmegefälle, entsprechend der innern Leistung	kcal/kg	—	186,15	194,27	195,50
erer thermodynamischer Wirkungsgrad, bez. auf den Zustand vor d. 1. Leitrad und d. Druck in Wellenmitte	vH	—	84,68	84,61	84,85
erer thermodynamischer Wirkungsgrad, bez. auf den Zustand vor d. 1. Leitrad und d. Druck im Kondensator	„	—	83,25	83,68	83,93
dergewonnene Verlustwärme, bezogen auf das adiabatische Gefälle zwischen dem Zustand vor dem 1. Leitrad und den Druck in Wellenmitte	„	—	3,85	3,79	3,69
laßgeschwindigkeit der letzten Stufe	m/s	—	172	191	204
laßverlust, bezogen auf das adiabatische Gefälle zwischen dem 1. Leitrad und den Druck in Mitte Welle	vH	—	1,61	1,90	2,16
Mi l. Schaufelwirkungsgrad	„	—	83,09	83,34	83,91

Abb. 2
Gesamtdampfverbrauch, abhängig von der Leistung an der Kupplung

Abb. 3
Gesamtdampfverbrauch, abhängig vom Druck vor dem ersten Leitrad

rung der Zahl der Beobachtungen zu erhöhen; daher wurde die elektrische Arbeit jede halbe Minute abgelesen und der erste Versuch mit ⅔-Last ausgemerzt. Am 6. Dezember hingegen war der Betrieb dank dem Entgegenkommen des Stahlwerkes (Abstellung eines zu Vorzündungen neigenden großen Gasmotors und weitere Betriebsumstellung) weitaus gleichmäßiger mit geringeren und nicht sprunghaften Schwankungen, so daß einwandfreie Ablesungen möglich waren. Die größten Schwankungen betrugen bei

$$^1/_2\text{-Last} \begin{matrix}+10{,}8\\-\;9{,}8\end{matrix}, \text{ bei } ^3/_4\text{-Last} \begin{matrix}+4{,}5\\-5{,}3\end{matrix}, \text{ bei Vollast} \begin{matrix}+3{,}5\\-3{,}7\end{matrix} \text{ vH.}$$

Die Versuchsergebnisse und die adiabatischen Gefälle sind in Zahlentafel 3 zusammengestellt. Die Wärmegefälle wurden mit Rücksicht auf die den Versuchen von Knoblauch und seinen Formeln zukommende hohe Genauigkeit für den Hauptversuch mittels Logarithmen berechnet. In Abb. 2 ist der stündliche Gesamtdampfverbrauch in Abhängigkeit von der Leistung an der Kupplung, in Abb. 3 der gleiche Verbrauch in Abhängigkeit vom Druck vor dem ersten Leitrad dargestellt. Während in der ersten Darstellung die Punkte auf einer nach oben leicht hohl gekrümmten Linie liegen, erscheint in der zweiten Abbildung eine fast vollkommene Gerade, insbesondere wenn man die Dampfmenge auf gleiche Temperaturen umrechnet. Diese Darstellung bildet ein wertvolles Mittel, um die Zuverlässigkeit der Beobachtungen nachzuprüfen.

Thermodynamische Bilanzen

Der Kraftverbrauch der Kondensationsanlage konnte nicht voll gemessen werden, da das Kühlwasser für alle Turbinen gemeinsam beschafft wird und die Stillegung der Nachbarturbinen nicht angängig war. Daher beziehen sich alle Wirkungsgrade auf die Leistung an der Kupplung ohne Abzug des Kraftverbrauches der Kondensation.

Aus den in Zahlentafel 3 angeführten Wärmegefällen und Leistungen kann die Wärmebilanz aufgestellt und der thermodynamische Wirkungsgrad berechnet werden. Vom rein praktischen Standpunkt ist in erster Linie der Wirkungsgrad der Nutzleistung an der Kupplung, bezogen auf den Zustand vor dem Hauptabschluß der Dampfleitung und auf die Luftleere im Kondensator wichtig. Man muß dringend darauf bestehen, daß in Versuchberichten stets auch diese Zustände der Berechnung des Gütegrades zugrunde gelegt werden[2]).

Für den Turbinenfachmann sowie für den auf der Höhe technischer Bildung stehenden Werkingenieur hat indessen die wissenschaftliche Analyse der Versuchswerte, die allein einen rationellen Vergleich mit den Ergebnissen anderer Turbinen ermöglicht, erheblichen Wert. Von diesem Gesichtspunkt aus empfiehlt es sich, den thermodynamischen Gesamtprozeß in folgende drei Hauptteile zu zerlegen:

1. Drosselung zwischen dem Eintritt vor dem Hauptabschluß der Dampfleitung bis vor dem ersten Leitrad,
2. Energieumwandlung von hier bis unmittelbar zum Austritt aus dem letzten Laufrad,
3. Energieverlust im Abdampfgehäuse bis zum kondensierten Zustand.

[2]) Man vergleiche hierzu die Meßvorschriften für die Luftleere in dem amerikanischen „Test code for steamturbines", „Mechanical Engineering" Bd. 48 (1925) S. 762.

Die beste Darstellung der Verluste in diesen d Stufen gewinnt man bekanntlich aus der Übertragung Zustandsänderung ins J-S-Diagramm, Abb. 4, wo die Z standslinien der Einfachheit halber als gerade Linien e getragen sind, während sie in Wirklichkeit nach un durchgebogen sind. Die eingeschriebenen Werte der Lu leere beziehen sich indessen auf die ursprünglichen Be achtungen, die infolge der unten angeführten vervollst digten Meßergebnisse am Abdampfgehäuse, wie in Zahl tafel 3 angegeben, zu berichtigen sind. Der Verlust je einzelnen Nichtumkehrbarkeit ist gleich dem Produkt a der Entropievermehrung und der tiefsten Temperatur Prozesses. Ferner kann aus den Entropieschaulinien wiedergewonnene Verlustwärme (als Bruchteil ϱ des re zierten adiabatischen Gefälles) ermittelt werden. Zu d sem Zweck wurden die Zustandslinien, insbesondere f den Vollastversuch, rechnerisch etwas genauer festgel als in Abb. 4.

Die „innere Leistung" der Turbine erhält man a der Leistung an der Kupplung durch Hinzuzählen Aufwandes für Lagerreibung, Regler- und Ölpump antrieb. Hierfür wähle ich, um die innere Leistu nicht zu überschätzen, folgende mäßige, durch die Erfahru und besondere Versuche der Erbauerin bestätigte Wer

Hochdrucklager	48 PS
Niederdrucklager	68 „
Kammlager, Ölpumpen- und Reglerantrieb	42 „
Insgesamt	158 PS = 115 k

Dank dem Entgegenkommen der Erbauerin war i in der Lage, aus den Geschwindigkeitsdreiecken der le ten Stufe die Auslaßverluste zu berechnen, so daß a Unterlagen vorhanden sind, um die inneren Wirkun grade und den Schaufelwirkungsgrad zu ermitteln, die b kanntlich durch die Beziehung[3])

$$\eta_i = (1 + \varrho)\,\overline{\eta_s} - \zeta_a$$

verbunden sind. Darin bedeutet:

η_i den inneren Gesamtwirkungsgrad,
$\overline{\eta_s}$ den mittleren Schaufelwirkungsgrad,
ϱ die wiedergewonnene Reibungswärme in Teil des adiabatischen Gefälles,
ζ_a den Auslaßverlust in Teilen des adiabatisch Gefälles.

Der innere Gesamtwirkungsgrad ist in unserm Fa wie aus der theoretischen Ableitung hervorgeht, das Ve hältnis des Wärmewertes der inneren Leistung zu adiabatischen Gefälle zwischen dem Zustand vor de 1. Leitrad und dem Zustand unmittelbar am Austritt a dem letzten Laufrad.

Dieser Druck wurde ursprünglich nur durch Beo achtung an zwei Stellen des Gehäuses (in Wellenhöh bestimmt. Eine Vervollständigung dieser Beobachtung erschien geboten, auch schon mit Rücksicht darauf, da nach neueren Versuchsberichten die Luftleere wiederho nur oben im Abdampfstutzen beobachtet worden war u da über die Druckunterschiede, die im Abdampfgehäus vorkommen, bis dahin nur wenig in die Öffentlichkeit g drungen ist. Daher wurde die Zahl der Meßstellen auf 1 erhöht; sie wurden untereinander durch U-Rohre verbu den und zugleich an einige Saugsäulen angeschlossen, s

[3]) „Dampf- und Gasturbinen", 6. Aufl. S. 207.

ß die Druckunterschiede und der absolute Druck abge-
sen werden konnten. Aus dem bekannten Druck im
ondensator bei den Leistungsversuchen wurde dann der
ruck in den einzelnen Stellen, insbesondere am Laufrad-
stritt ermittelt. Die Meßstellen 1, 2, 3, 4, 8 befanden sich
nz nahe am Austritt aus dem letzten Laufrad im Ober-
l des Gehäuses, die Stellen 5, 6, 7, 9, 10 längs des Mittel-
nsches etwas über Wellenmitte, Stelle 18 auf halber
öhe zwischen Wellenmitte und höchstem Gehäusepunkt,
ellen 11, 12 unterhalb des Gehäusefußes, Stellen 13, 14,
16, 17 dicht am Kondensatorflansch. Die Beobachtun-
n ergaben:

	für 8000 kW	10 500 kW
e) in Rechnung zu stellender Gegendruck am Laufradaustritt in den Hauptversuchen (kurz als Luftleere in Wellenhöhe bezeichnet)	0,0340	0,0467 at abs

Würde man die im Oberteil des Gehäuses beobachteten Drücke, also etwa das reduzierte Mittel aus 1, 2, 3, 18 zum Vergleich heranziehen, so ergäben sich ein viel zu hoher Druckabfall gegen den Kondensator und bei Volllast um rd. 1,6 vH zu hohe Gütegrade.

Der so berechnete mittlere Schaufelwirkungsgrad reicht jedoch zur Beurteilung der wirklichen Vorgänge nicht aus.

ßstelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
i 10 500 kW Belastung mm Q.-S. abs	54,3	51,3	46,5	42,3	40,7	42,1	43,3	37,5	42,5	44,2	38,0	42,9	37,9	40,4	39,4	38,9	37,6	42,4
i 8000 kW Belastung mm Q.-S. abs	41,6	42,6	36,6	24,6	29,3	31,0	30,7	26,7	30,0	31,5	27,2	32,8	26,4	28,2	27,5	26,7	25,8	29,7

Um hieraus den Druck am Laufradaustritt zu bestim-
n, muß man den Fliehkraftdruck der Strömung berück-
htigen, was mittels Abschätzung der Bahnkrümmung
d der Stromgeschwindigkeit geschah.

Hiernach ergaben sich für Leistungen von	8000 kW	10 500 kW
) Der absolute Druck am Laufradaustritt für den Oberteil mit Benutzung der Meßstellen 1, 2, 3, 4, 8; für den Unterteil mit 11, 13, 17, daraus als Mittel für das ganze Rad	0,0402	0,0561 at abs
) der absolute Druck am Kondensator als einfaches Mittel aus 13, 14, 15, 16, 17	0,0366	0,0527 „
Druckabfall zwischen Laufradaustritt und Kondensator	0,0036	0,0034 „
) degl., umgerechnet für die Hauptversuche im Verhältnis der mittleren Strömungsgeschwindigkeits-Quadrate und der Raumgewichte	0,0040	0,0041 „

Abb. 4
Übertragung der Hauptzustandspunkte in das J-S-Diagramm
Thermodynamische Auswertung der Versuchsergebnisse

Die Erfahrung hat gezeigt, daß der Dampfnässe der letzten Stufen eine erheblich größere Bedeutung zukommt, als man früher annahm. Englische Turbinenkonstrukteure rechnen nach dem Vorgang von Baumann mit einer Verschlechterung des „hydraulischen", d. h. des Schaufelwirkungsgrades von 1 vH auf je 1 vH Dampfnässe[4]) gegenüber dem unter sonst gleichen Umständen mit überhitztem Dampf erreichbaren Betrag, im Sinne der Formel

$$\eta_{\text{Naßdampf}} = \eta_{\text{Heißdampf}}\,(1 - \text{Dampfnässe}).$$

Einsichtnahme in die Werkzeichnungen der Turbine ermöglichte, den Zustandsverlauf bei Vollast mit Rücksicht auf diese Bedingung wie auch auf die Undichtheiten der einzelnen Stufen und die Radreibung festzulegen. Für letztere wurde, um den Hochdruckteil in keiner Weise zu bevorzugen, Gl. (6) S. 166 meines Lehrbuches einfach mit $L = 0$ benutzt.

Zu beachten ist ferner, daß der Wirkungsgrad der Stufen im Hochdruckteil niedriger sein muß, als der im Mitteldruckteil, weil einmal die Schaufeln erheblich kürzer sind, dann aber die Zugabe der radialen Länge an der Laufschaufel gegenüber der Länge der Leitschaufel aus praktischen Gründen überall gleich ist. Demzufolge ist im Hochdruckteil die Saugwirkung des aus der Leitschaufel tretenden Strahles erheblich stärker; auch die Störung des Strahles durch Fliehkraft des im Spalt in Umlauf versetzten dichten Dampfes ist größer als im Mitteldruck. Eine rechnerische Abschätzung mit Benutzung der in meinem Lehrbuch S. 180 mitgeteilten Versuche über Strahlabsaugen zeigt, daß die Verschlechterung in der ersten Stufe des Hochduckteiles gut 2 vH gegenüber der 6. Stufe betragen dürfte. Dabei wurde nach anderweitigen Versuchen als von der Hochdruck- zur Niederdruck-Stopfbüchse abströmende Dampfmenge 0,8 vH der gesamten Menge angenommen. Der reine Schaufelwirkungsgrad ergibt sich aus dem Gesamt-Stufenwirkungsgrad, indem man den Undichtheitsverlust, die Radreibung und die Saugwirkung abzieht. Der so berechnete beste Schaufelwirkungsgrad kommt in der 6. Stufe bei einer Schaufellänge von etwa 60 mm

4) H. L. Guy, The economic value of increased steam pressure, „Engineering", Bd. 122 (1926) S. 646. Die Bemerkung, daß bei Zwischenüberhitzung die Beobachtung auf einen kleineren Einfluß der Dampfnässe schließen läßt, hat für die vorliegende Turbine keine Bedeutung, da ausdrücklich festgestellt wird, daß für gewöhnliche Kondensationsturbinen zahlreiche Versuche die Gültigkeit obiger Umrechnung bewiesen haben. Da H. L. Guy dem Verbande der Metropolitan Vickers Electr. Co. angehört, bezieht sich die Angabe offenbar auf Gleichdruckturbinen, während bei Ueberdruckturbinen die Verhältnisse wohl andere sein könnten. Vergl. ferner Mellanby und Kerr, „Engineering" Bd. 123 (1927) S. 120.

unmittelbar vor dem Erreichen der Sättigungsgrenze vor und beträgt rd. 90 vH.

Die wichtigsten Schlußergebnisse der Versuche und ihrer wissenschaftlichen Auswertung sind folgende Zahlenwerte.

Als thermodynamische Wirkungs- oder Gütegrade wurden bei Vollast festgestellt:

a) bezogen auf die Leistung an der Kupplung und die Zustände vor dem Hauptabschluß im Kondensator . . . . 81,6 vH,

b) bezogen auf die innere Leistung und die Zustände vor dem 1. Leitrad und im Kondensator . . . . 83,9 „

c) bezogen auf die Leistung an der Kupplung und den Zustand vor dem 1. Leitrad und die Luftleere unmittelbar hinter dem letzten Laufrad . . . . 84,1 „

d) bezogen auf innere Leistung und Zustände vor dem 1. Leitrad und dem letzten Laufrad . . . . 84,8 „

e) Der mittlere „Schaufelwirkungsgrad“ einschließlich Radreibung, Undichtheit und Saugwirkung im Spalt beträgt 83,9

Der höchste Schaufelwirkungsgrad der Arbeitsdampfmenge an der unter besten Verhältnissen arbeitenden Schaufel der 6. Stufe bei rd. 60 mm Länge, ausschließlich Radreibung und Undichtheit, aber ohne Abzug des Saugverlustes beträgt 90

Diese Ergebnisse dürfen für eine eingehäusige T bine mit der Kennzahl

$$\frac{\Sigma u^2}{H_{ad}} = \frac{492\,900}{238} = 2071$$

als beachtenswert bezeichnet werden. Die wissensch liche Zergliederung führt zu wertvollen Aufschlüs über die Wirkungsweise der neuzeitlichen Gleichdru schaufel. [B 295]

Dampfkessel für Großkraftwerke mit besonderer Berücksichtigung des Großkraftwerkes „Klingenberg“[1])

Der Vortrag von Dr.-Ing. F. Münzinger, Berlin, geht insbesondre auf die sehr eigenartigen Voraussetzungen beim Bau dieser Anlage ein. Die kurze Bauzeit, die unklare wirtschaftliche Lage und die große Arbeitslosigkeit im Jahre 1925 veranlaßten die mit dem Bau beauftragte Allgemeine Elektricitätsgesellschaft zu einer Reihe organisatorischer Maßnahmen, die das ungestörte Arbeiten und die rechtzeitige Fertigstellung gewährleisten sollten.

Für die Lieferung der Kesseltrommeln wurden z. B. mehrere Hüttenwerke herangezogen, weil ein einziges nicht imstande gewesen wäre, fristgemäß zu liefern. Weitgehende Normung der Bestandteile und des ganzen Aufbaues der Kessel ermöglichte, daß im Fall eines Streiks bei einer Kesselfabrik jede andre die Fertigstellung der Kessel übernehmen konnte. Das Kesselhaus wurde so angelegt, daß, falls eine Fabrik nicht rechtzeitig lieferte, der Kessel einer anderen an dessen Stelle eingebaut werden konnte.

An der Hand einer kleinen Ausstellung von Modellen, Bildern und Zeichnungen, sowie an zahlreichen Lichtbildern wird gezeigt, wie die Erbauerin des Werkes im einzelnen vorging, um die von den Berliner Städtischen Elektrizitätswerken gestellte Aufgabe zu erfüllen, und ein so großes, in vieler Hinsicht von der üblichen Bauweise abweichendes Werk so schnell zu errichten. Die wichtigsten Merkmale der 16 Kessel von je 1800 m² Heizfläche umfassenden Anlage sind die Verwendung von hoch vorgewärmter Luft, der gedrängte Zusammenbau von Kessel, Ekonomiser und Luftvorwärmer, die Zugänglichkeit und Ausbaumöglichkeit aller wichtigen Teile und die in Deutschland erstmalig ausgeführte enge Verbindung von Kessel und Kesselhaus.

Wie wertvoll die einheitliche Planung des Gesamtwerkes für scheinbar miteinander gar nicht zusammenhängende Teile werden kann, geht u. a. daraus hervor, daß es durch die zweckmäßige Gestaltung des Kesselhauses ohne Mehrkosten gelang, die Wanddicke der Kesseltrommeln bei gleicher Sicherheit erheblich zu verringern und den Aufbau der Kessel zu vereinfachen. Um billig und recht schnell bauen zu können, bestand die AEG, ähnlich wie seinerzeit beim Bau des Kraftwerkes Golpa[2]) darauf, daß die acht beteiligten Fabriken praktisch gleiche Kessel mit den gleichen Außenabmessungen unter weitgehender Normung der wichtigsten Teile, wie Trommeln, Siederohre, Brennkammern, Armaturen usw. ausführten.

Sie hatte nämlich schon lange, bevor der Plan auftauchte, in Berlin ein Großkraftwerk zu erbauen, unter Berücksichtigung der letzten Fortschritte, Entwürfe, von

Kohlenmahlanlage im neuen Großkraftwerk „Klingenberg“ der Berliner Elektrizitätswerke A.-G.

Großkesseln ausgearbeitet und weiter verbessert. I den Vorarbeiten für das Großkraftwerk „Klingenber entwarf sie ferner alle wichtigen Einzelheiten, wie A bau, Bemessung und Kühlung des Kesselgerüstes, E mauerung und Gesamtanordnung, so daß den Kess fabriken zugleich mit dem Auftrag weit vorgearbeitete Zei nungen übergeben werden konnten, die die Entwurfarb der Fabriken sehr erleichterten. Mit den Kess fabriken wurden öfters gemeinsame Beratungen gepflog bei denen wichtige Punkte besprochen und einheitlich fe gelegt wurden. Da auch die Herstellung und Abnah der Rohre, der Trommeln usw. nach einem einheitlich Plane erfolgte, wurde eine äußerst kurze Bauzeit erreic

Sehr belehrend ist es, die Kosten der Kessel zu zergl dern. Dr. Münzinger schließt daraus, daß auch im Kess bau die Einigung auf wenige Bauformen und Abmessung möglich und wichtig ist. Vom üblichen abweichende Ba arten haben nur Berechtigung, wenn sie wesentliche V teile bieten. Häufig ist man aber geneigt, grundsätzli anders zu bauen als der andre, und daraus entstehen ga überflüssige „Neuerungen“. Maßgebende Kreise der I sitzer und Erbauer von Kraftwerken sollten hiergegen v gehen, weil sonst der Entwurf von Kesselanlagen erschw und verteuert wird. Bei einem jetzt im Bau befindlich Kraftwerk hat die AEG aus dem gleichen Grunde d beteiligten Fabriken veranlaßt, genau gleiche Kessel bauen. [M 452]

[1]) Auszug aus dem Vortrage von Dr.-Ing. F. Münzinger in der Fachsitzung „Dampftechnik“ der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 1927; vergl. S. 753 und 802 dieses Heftes.

[2]) Z. Bd. 63 (1919) S. 1081.

Die Werkstoffe im heutigen Dampfturbinenbau

Von Prof. Dr. A. Thum, Darmstadt

Vorgetragen in der Fachsitzung „Dampfkraft" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1927

Beanspruchungen im Dampfturbinenbau — Metalle als Baustoffe — Kerbwirkung bei Werkstoffen — Die Ermüdungsbrüche — Festigkeit der Werkstoffe bei erhöhten Temperaturen — Einfluß der Herstellung auf die Festigkeitseigenschaften — Sicherheit und zulässige Beanspruchung bei den Schmiedestücken — Werkstoffe für die niedrigsten Teile — Schaufeln — Werkstofffragen der Grenzgebiete des Dampfturbinenbaues

edeutung der Dampfturbine für die heutige Energiewirtschaft

Als gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts in der Elektrotechnik Erfindung auf Erfindung folgte — es sei nur an die Erfindung der Dynamoaschine durch Werner Siemens, der Glühlampe durch dison, des Drehfeldmotors durch Ferraris und den Bau r ersten Hochspannungstransformatoren durch Ziperowski erinnert — war die Möglichkeit einer rasch geeigerten Anwendung der Elektrizität namentlich durch bertragung der elektrischen Energie auf größere Entrnungen gegeben. Aber ein Umstand stellte sich ihr ch hindernd in den Weg. Die Erzeugung des elekischen Stromes war zu teuer. Es fehlte an einer bilgen, wirtschaftlich arbeitenden Großkraftmaschine für n Antrieb der elektrischen Stromerzeuger; denn die te Kolbendampfmaschine ließ sich über eine gewisse eistung hinaus nicht steigern. 5000 kW sind wohl die rößte Leistung, die mit Kolbenmaschinen erzielt wurde. as wurde aber mit ungeheuren Gewichten und dementrechend großen Anschaffungskosten erkauft.

So war der Stand der Elektrotechnik im Anfang des hrhunderts. Den Zug ins Große konnte die Elektrochnik erst nehmen, als in der Dampfturbine die billige, schlaufende, wirtschaftlich arbeitende Antriebmaschine r die elektrischen Stromerzeuger gefunden war. Der ortschritt, den die heutige Dampfturbine gegenüber r alten Kolbenmaschine aufweist, läßt sich am besten einigen Vergleichzahlen zeigen. Während man bei der ampfdynamo nie über eine gewisse Leistung hinauskam, diese bei der Turbodynamo nahezu unbeschränkt. 000 kW-Gruppen sind seit Jahren im Betrieb und genwärtig ist bereits eine Gruppe von 160 000 kW im u. Bei der Dampfdynamo war man wegen der gewalen hin- und hergehenden Massen an niedrige Drehhlen gebunden; man mußte bei den größten Leistungen ter 100 Uml./min bleiben. Mit der Turbodynamo kann n bei 50 Per./s bis zu 30 000 kW bei 3000 Uml./min erigen. Die Kolbendampfdynamo ist daher als Großschine viel schwerer, teurer und unwirtschaftlicher als Turbodynamo. Bei der 5000 kW-Kolbendampfdynamo 75 Uml./min mußten für 1 kW elektrische Leistung kg an Gewicht aufgewendet werden, während man bei 30 000 kW-Turbodynamo nur 8 kg für 1 kW braucht.

So ist also in allen Ländern, in denen größere ausufähige Wasserkräfte fehlen, die Turbodynamo die schinengruppe der elektrischen Großwirtschaft gerden. Wir sehen heutzutage überall große Elektriziswerke entstehen, die mit gewaltigen Turbodynamos gerüstet sind und Stadt und Land mit Licht und Kraft sorgen.

D gegenwärtigen Bestrebungen im Dampfturbinenbau

Wie im ganzen Maschinenbau, strebt man auch im mpfturbinenbau mit aller Kraft nach erhöhter Wirtaftlichkeit. Dieses Ziel sucht man vor allem durch Eparnisse im Brennstoffbedarf zu erreichen. Hierfür hen zahlreiche Mittel zur Verfügung. Die wichtigsten on sind:

Vergrößerung des Wärmegefälls durch Erhöhung des Druckes und der Temperatur des Dampfes,

Verminderung der Strömungsverluste durch Verringerung der Dampfgeschwindigkeiten, verbesserte Schaufelformen und gleichmäßigere Dampfführung,

Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf und Rauchgase,

4. Vorwärmung der Verbrennungsluft durch Rauchgase,
5. Zwischenüberhitzung des Dampfes zur Vermeidung der Dampfnässe,
6. Verringerung der Lagerreibungsverluste durch zweckmäßigere Lagerbauarten, insbesondere durch Einscheiben-Drucklager,
7. Verringerung der Undichtheitsverluste durch verbesserte Stopfbüchsen,
8. Verbindung von Kraft- und Wärmewirtschaft,
9. Schaffung größter Turbinen für die Stromerzeugung.

Durch die angegebenen Mittel läßt sich der Brennstoffbedarf bedeutend herabsetzen, und in dieser Richtung sind in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt worden. Aber verringerter Brennstoffverbrauch darf nicht zu wesentlicher Verteuerung der Maschinen führen. Man ist daher auch eifrig bestrebt, die Dampfturbinen durch stärkere Ausnutzung des Baustoffs und insbesondere durch höhere Drehzahlen bei gegebener Leistung zu verbilligen. Geringer Brennstoffbedarf und Verbilligung der Dampfturbinen bedeuten aber nur dann einen wirtschaftlichen Fortschritt, wenn die Betriebsicherheit dadurch nicht leidet. Beide Faktoren liegen in der Tat in der Linie geringerer Betriebsicherheit; denn die erhöhten Drücke, Temperaturen, Geschwindigkeiten und Beanspruchungen führen zu großen Betrieb- und insbesondere Werkstoffschwierigkeiten. Diese sind allen Arten von Dampfturbinen gemeinsam, den reinen Druckturbinen wie den vereinigten Druck-Überdruckturbinen.

Nach dem gegenwärtigen Stande des Dampfturbinenbaues haben wir also eine Reihe von Möglichkeiten, die Wirtschaftlichkeit der Dampfturbinen zu erhöhen. Wir können physikalisch genau den Weg angeben, den wir einschlagen müssen, um den Wirkungsgrad der Dampfturbinen etwa zu verdoppeln, um ihren Preis wesentlich herabzusetzen. Aber bei der Ausführung unseres Vorhabens stoßen wir auf große Werkstoffschwierigkeiten. Diese haben ihren hauptsächlichen Grund in den unzulänglichen Eigenschaften der bisherigen Werkstoffe und in der unrichtigen Anwendung der Werkstoffe infolge unsrer geringen Werkstoffkenntnisse. Es geht uns wie oft in der Technik, daß wir, erfüllt von neuen physikalischen Erkenntnissen, im kühnen Gedankenfluge voranstürmend die größten Erfindungen machen, aber bei der praktischen Ausführung unsrer Pläne versagen, weil wir uns nicht genügend mit den Eigenschaften der Werkstoffe vertraut gemacht haben.

Die Werkstoffe haben ihre eigenen Gesetze, die sie unter allen Umständen ohne Schonung unsrer Wünsche befolgen. Der Erfolg im Dampfturbinenbau wie im Maschinenbau überhaupt hängt häufig von der richtigen Lösung und konstruktiven Bearbeitung von Werkstofffragen ab. Manchmal sind es kleine, oft kleinliche Fragen des Werkstoffs, die uns den Erfolg streitig machen. Wir dürfen uns daher nicht darauf beschränken, nur die allgemeinen Gesetze der Arbeitsvorgänge zu studieren, sondern müssen uns auch eingehende Kenntnis von den Werkstoffen verschaffen, um den entstehenden Schwierigkeiten begegnen zu können.

Der Dampfturbinenbau ist gegenwärtig auf einer Stufe angelangt, wo man es sozusagen mit den Händen greifen kann, wie wichtig das Studium der Werkstoffe ist. Noch viele Werkstofffragen muß man lösen, soll aus der reichen Saat, die uns durch Erweiterung unsrer physikalischen Kenntnis der Arbeitsvorgänge in der Dampfturbine aufgegangen ist, eine ergiebige Ernte werden.

Abb. 1
Zerreißschaubild eines weichen Stahles

Abb. 2 und 3
Zerreiß- und Biegeschaubild von Zylindergußeisen

Die Beanspruchungen im Dampfturbinenbau

Im Dampfturbinenbau haben die Werkstoffe in der Hauptsache Festigkeitsaufgaben zu erfüllen. Das Besondere der Dampfturbinen ist, daß sie schnellaufende, sich drehende Maschinen sind, deren Arbeitsvorgänge sich bei hohen Drücken und Temperaturen vollziehen. Dadurch haben die Werkstoffe einer Reihe von Sonderforderungen zu genügen. Zunächst treten in den sich drehenden Teilen hohe Fliehkräfte auf, die die Werkstoffe zu zersprengen suchen. Ein Bruch an irgendeinem Teil des Läufers kann unter Umständen schwere Zerstörungen zur Folge haben. Dazu kommt noch, daß durch die hohen Drehzahlen leicht die Gefahr einer Unbalanz entsteht. Fällt nämlich der Schwerpunkt der umlaufenden Teile nicht mit der Drehachse genau zusammen, so ist kein ruhiger Lauf der Maschine möglich. Es tritt ein dauerndes Erzittern auf, das zu heftigen Stößen und Erschütterungen führen kann, namentlich wenn Resonanz mit dem Fundament vorhanden ist.

Die Unbalanz nimmt mit dem Quadrat der Winkelgeschwindigkeit zu. Bei einem Dampfturbinenläufer von 3000 Uml./min ist sie bereits so groß, daß eine Verlagerung des Schwerpunktes um 0,1 mm genügt, um eine Fliehkraft entstehen zu lassen, die gleich dem Gewicht des Läufers ist.

Die Anstrengung des Baustoffs durch die Fliehkräfte und die Unbalanz werden noch durch den Umstand erhöht, daß die Dampfturbinen bei erhöhten Drücken und Temperaturen arbeiten; bekanntlich haben die Werkstoffe bei höheren Temperaturen niedrigere Festigkeiten als bei der Normaltemperatur. Außerdem können durch die höheren Temperaturen und die ungleichmäßigen Ausdehnungen der verschiedenen Werkstoffe Wärmespannungen und Werfungen entstehen, was wieder gefährliche Werkstoffbeanspruchungen und unruhigen Lauf hervorruft.

Man sieht also, daß die Werkstoffe in den Dampfturbinen auf das äußerste angestrengt sind; besonders schlimm ist, daß oft schon geringe Schäden zu furchtbaren Zerstörungen führen können. Für die Dampfturbinen dürfen daher nur beste Werkstoffe verwendet werden; ferner müssen für sie sehr sorgfältige Werkstoffuntersuchungen vorgenommen werden; in der Tat waren die Dampfturbinenfabriken wohl die ersten im Maschinenbau, die größere Werkstofflaboratorien eingerichtet haben.

Metalle als Dampfturbinenbaustoffe

Als Baustoffe für Dampfturbinen kommen nur Metalle in Frage, weil nur sie die nötigen Festigkeitseigenschaften haben. Unter Metallen sind aber nicht chemisch reine Metalle zu verstehen, sondern Metallegierungen; denn reine Metalle lassen sich nur schwer herstellen und sind daher sehr teuer, außerdem sind sie für die meisten Bauzwecke nicht geeignet, weil ihre Festigkeit in der Regel unzureichend ist.

Metalle gelten in der technischen Elastizitätslehre als gleichmäßige, isotrope Körper, die nach allen Richtungen hin die gleichen Festigkeitseigenschaften aufweisen. Dies ist aber in Wirklichkeit fast nie der Fall. Eine Stahlwelle, die doch als Muster von Gleichmäßigkeit erscheint, hat verschiedene Festigkeitseigenschaften in der Längs-, Tangential- und Radialrichtung, ferner sind die Fest keitseigenschaften an der Oberfläche anders wie im Ke Die technische Festigkeitslehre genügt also nicht, um u über das Verhalten mechanisch beanspruchter Maschin teile überall Aufschluß zu geben. Hier muß die We stoffkunde einsetzen. Diese sucht uns über die Ungleic mäßigkeit der Werkstoffe, über Beanspruchungen, durch Formänderungen bei Herstellung und Bearbeitu entstehen, über innere Reck- und Wärmespannungen us aufzuklären.

Haben wir für einen Dampfturbinenteil die versch denen Beanspruchungen nach den Regeln der Festigkei lehre berechnet und wollen wir hierfür einen bestimmt Werkstoff verwenden, so müssen wir uns überzeugen, dieser die Beanspruchungen auch mit Sicherheit aush Zu diesem Zwecke wenden wir die verschiedenen Fest keitsprüfungen an. Die wichtigste ist der Zerreißversu Dieser ist in der Werkstoffprüfung der älteste und auf den heutigen Tag am häufigsten angewendete Fest keitsversuch. Durch ihn werden folgende Eigenschaft bestimmt, die für die Verwendung der großen Mehrza der metallischen Werkstoffe maßgebend sind: Elastizitä und Streckgrenze, Zerreißfestigkeit, Dehnung und Ei schnürung.

Dehnbare und spröde Metalle

Der Zerreißversuch läßt uns die Metalle in dehnba und spröde einteilen. Die dehnbaren brechen erst, nac dem sie sich um einen bestimmten Betrag verlängert u an der Bruchstelle eingeschnürt haben, s. Abb. 1. Z ihnen gehören Stahl und seine Legierungen, ferner Stal guß, Kupfer, Messing usw. Im Gegensatz dazu gibt viele metallische Werkstoffe, die ohne Dehnung und Ei schnürung brechen. Sie haben also kein Verformung vermögen und brechen nach Überschreiten einer gewiss Beanspruchung plötzlich, Abb. 2 und 3. Der wichtigs Vertreter dieser Gruppe ist Gußeisen.

Aber auch die dehnbaren Metalle verhalten sich w spröde Metalle, wenn sie nicht sachgemäß hergestellt sin Spröde Metalle dürfen im Dampfturbinenbau nur da ve wendet werden, wo geringe Beanspruchungen und v allem ruhende Belastungen vorkommen. Bei den höh beanspruchten, z. B. umlaufenden Teilen, wo große Flie kräfte auftreten, und überall da, wo man durch Rec nung, Versuche oder sonstige Erfahrungen nicht gen über die Beanspruchung unterrichtet ist, sind solche Wer stoffe unter allen Umständen auszuschließen.

Kerbwirkung bei Werkstoffen

Werkstoffe, die beim statischen Zerreißversuch ei hohe Dehnung und Einschnürung aufweisen, gelten i Maschinenbau allgemein als zäh, weil sie erst breche nachdem sie eine bestimmte Formänderung durchgemac haben. Aber man hat die Erfahrung gemacht, daß sic solche Werkstoffe bei schnell veränderlicher oder ga stoßender Belastung unter Umständen ganz spröde ve halten und ohne Formänderung brechen, besonders wen Kerbwirkung vorhanden ist. Diese tritt auf, wenn ei Bauteil durchbohrt ist oder starke Querschnittänderunge scharfe Übergänge, Ecken und Keilnuten aufweist. I der neueren Praxis ist man daher dazu übergegange

charfe Kerben nach Möglichkeit zu vermeiden, weil man kannt hat, wie gefährlich sie unter Umständen werden önnen.

Aber überall läßt sich diese Vorsicht nicht durchihren, ohne den Konstruktionen Gewalt anzutun. Wir üssen manchmal ein Stück durchbohren, Keilnuten äsen und scharf absetzen. Wir müssen uns aber klar achen, welche Folgen dies haben kann. Wir wissen, daß ie Schmiede schon von altersher eine Stahlstange, von er sie ein Stück abtrennen wollen, zuerst mit einer itzen Kerbe versehen und dann mit dem Hammer daegenschlagen, mit dem Erfolg, daß die Stange in der egel schon beim ersten Schlag entzweibricht. Wollten ir ein ungekerbtes Stahlstück vom gleichen Querschnitt, gar ein viel schwächeres, mit Schlägen abtrennen, so ürden wir bei zähem Metall keinen Erfolg haben. Wir ürden keinen Bruch erzielen, sondern höchstens das ück verbiegen. Daraus folgt, daß durch die Kerbung ne große Materialanstrengung hervorgerufen wird. iese erreicht oft schon die Bruchgrenze des Stoffes, ährend sie im ungekerbten Zustande noch lange nicht reicht wird.

Kerbwirkung kann aber bei einem Maschinenteil vornden sein, ohne daß wir es wissen, ohne daß wir etwa Loch gebohrt oder eine Keilnute gefräst haben. Dies dann der Fall, wenn das Metall nicht gleichmäßig ist, ndern Lunker, Seigerungen oder Schlackeneinschlüsse thält. Diese wirken immer wie eine Kerbe, weil sie h an der Kraftübertragung nicht beteiligen. Wir ernnen daraus, wie wichtig es ist, nur lunkerfreien Bauff ohne fremde Einschlüsse zu verarbeiten. Der Sicherit halber müssen wir bei unsern üblichen Konstruknen damit rechnen, daß doch eine schlechte Stelle vornden ist.

Bei Bauteilen mit höchster Beanspruchung dagegen, den umlaufenden Teilen der Dampfturbinen, muß rch sorgfältige Auswahl des Werkstoffes und des Lieferrkes sowie durch strengste Prüfung des Werkstoffes l des fertigen Maschinenteiles erreicht werden, daß n schlechtes, ungleichmäßiges Metall zur Verwendung nmt. Wir wissen heute mit ziemlicher Sicherheit, daß rben bei dehnbaren Werkstoffen und schwingender oder ßender Belastung so lange nicht gefährlich sind, als Kerbgrunde die Elastizitätsgrenze nicht überschritten d. In diesem Falle kann ein Maschinenteil beliebig e Belastungswechsel ertragen. Bei sprödem Metall l jedoch Kerben bei wechselnder Belastung immer gerlich, weil spröde Werkstoffe keine ausgesprochene stizität haben und sich schon bei geringen Beruchungen unelastisch verhalten. Die Schwierigkeit Maschinenteilen mit Kerben besteht darin, daß man Beanspruchung im Kerbgrunde nicht sicher berechnen n. Man muß sich hierbei oft mit Schätzungen begnügen.

Am häufigsten kommt die Kerbwirkung bei Manenteilen vor, die auf Biegung oder Verdrehung beprucht werden. Hier kann die Kerbung deshalb so ängnisvoll werden, weil in den äußersten Fasern, die n ohne Vorhandensein einer Kerbe am höchsten beprucht sind, durch das örtliche Ansteigen der Spang an der Kerbe die Beanspruchung noch erhöht wird. i tritt bei allen abgesetzten oder mit Keilnuten verlnen Wellen auf. Sie gehören daher zu den höchstsprüchten Maschinenteilen und brechen oft, wenn die wirkung nicht richtig berücksichtigt wird.

Zur Feststellung der Widerstandsfähigkeit eines Werkoes gegenüber dynamischer Beanspruchung, besonders ei Vorhandensein von Kerben, wendet man die Kerbhgprobe an. Man hat die Erfahrung gemacht, daß h die Schlagprobe ein viel besserer Anhalt für die gkeit eines Werkstoffes gewonnen wird, als durch ung der Bruchdehnung. Es ist schon häufig vorkmmen, daß Werkstoffe mit hoher Dehnung bei gen dynamischen Belastungen gebrochen sind. Man at lann gewöhnlich gefunden, daß solche Werkstoffe gn Schläge sehr empfindlich waren. Oft ist ein Stahl pröde, daß ein schwacher Schlag mit dem Hammer sicht, um einen größeren Querschnitt zu durchbrechen, wohl er bei der statischen Probe eine hohe Dehnung hat und sich überhaupt wie guter Stahl verhält. Bei falscher chemischer Zusammensetzung und noch mehr bei unsachgemäß ausgeführter Wärmebehandlung verhält sich Stahl ähnlich wie spröde Werkstoffe.

Die Kerbschlagprüfung hat in der Praxis noch nicht die allgemeine Anwendung gefunden, die sie verdient. Dies rührt daher, daß ihr Wesen noch nicht genügend erforscht ist und daß ihre Ergebnisse zu sehr von der Querschnittform der Probe, der Größe und Beschaffenheit der Kerbe und der Schlaggeschwindigkeit abhängig sind. Die Kritiker der Kerbschlagprüfung warfen ihr meistens vor, daß ihre Werte zu stark streuen. Dies trifft allerdings für ungleichmäßigen spröden Werkstoff zu. Daran ist aber nicht die Methode der Prüfung, sondern der Werkstoff selbst schuld. Bei erstklassigem Stoff von gleichmäßiger Zusammensetzung und richtiger Wärmebehandlung stimmen die Werte der Kerbschlagprüfung fast genau überein. Wie bei so vielen Dingen kann über Wert und Unwert des Kerbschlagversuchs nur jahrelange praktische Erfahrung entscheiden. Diese hat ergeben, daß die Kerbschlagprüfung der empfindlichste Anzeiger für die richtige Wärmebehandlung eines Materials ist. Schlecht geglühter Stahlguß und überhitzter Stahl haben immer eine geringe Kerbzähigkeit, und bei solchen thermisch falsch behandelten Stählen sind schon wiederholt Brüche eingetreten in Fällen, wo Stähle mit guter Kerbzähigkeit sich bewährt hatten.

Zusammenfassend läßt sich sagen: In allen Fällen, wo es sich um hochbeanspruchte Maschinenteile handelt, wie bei den umlaufenden Teilen der Dampfturbinen, müssen wir Werkstoffe verwenden, die nicht nur hohe Streckgrenze, Festigkeit und Dehnung, sondern vor allem hohe Kerbzähigkeit aufweisen; dies sind zumeist die legierten Stähle.

Das Altern des Stahles

Die Kerbzähigkeit gibt uns auch Aufschluß über das Altern von Stahl. Man versteht darunter die Erscheinung, daß Stahl von ursprünglich hoher Kerbzähigkeit durch nachträgliches Kaltrecken nach längerer Zeit (einige Jahre) spröde wird und dann geringe Kerbzähigkeit aufweist. Das Altern wird beschleunigt, wenn der Stahl nach dem Kaltrecken mehrere Stunden auf Blauwärme (200 bis 300 °C) erhitzt wird. Die gleiche Erscheinung zeigt auch Stahl, der bei der Blauwärme verarbeitet wurde, in kaltem Zustand. Man hat beobachtet, daß weiches Kesselblech von ursprünglich 25 mkg/cm² Kerbzähigkeit nach dem Altern nur mehr den zehnten Teil davon zeigte und ganz spröde war. In solchen Fällen ist die Messung der Kerbzähigkeit der beste Maßstab für Brauchbarkeit eines Werkstoffes; denn häufig weist der Werkstoff beim statischen Zerreißversuch noch eine annehmbare Dehnung auf. Der Vorzug der Nickel- und Chromnickelstähle beruht zum großen Teil darin, daß sie die Erscheinung des Alterns nur in geringem Maße zeigen. Erst in neuester Zeit ist es Krupp gelungen, auch unlegierte Stähle herzustellen, die nur wenig altern.

Die Ermüdungsbrüche

Im Gegensatz zu den geschilderten Alterserscheinungen stehen Ermüdungs- oder Dauerbrüche. Man beobachtet häufig, daß Maschinenteile, die sich monate-, ja jahrelang durchaus bewährt haben, plötzlich im gewöhnlichen Betriebe brechen, ohne daß eine zusätzliche Belastung aufgetreten ist. Der Bruch erfolgt ohne besondere Formänderung, ohne vorausgegangene Dehnung oder Einschnürung an der Bruchstelle, so daß der Eindruck entsteht, man hätte es mit einem spröden Werkstoff zu tun.

Man glaubte ursprünglich, daß alle Metalle durch fortdauernde Beanspruchung ähnlich wie die Lebewesen ermüden und in ihrer Leistungsfähigkeit nachlassen, insbesondere meinte man, daß die Metalle mit der Zeit spröde würden. Aber bei genauer Untersuchung fand man, daß derart gebrochene Werkstoffe noch gute Dehnung und Kerbzähigkeit hatten, und daß sie auch noch das ursprüngliche feinkörnige Gefüge zeigten. Es blieb also nur der Schluß übrig, daß Dauerbrüche nicht durch Verschlechterung der Festigkeitseigenschaften, sondern nur durch unvollkommene Elastizität hervorgerufen werden. Neuere sorgfältigere Untersuchungen haben dies auch bestätigt.

Abb. 4
Zerreißfestigkeit von Gußeisen in Abhängigkeit von der Temperatur

Wird nämlich ein Werkstoff dauernd veränderlichen Beanspruchungen ausgesetzt, die über die Elastizitätsgrenze hinausgehen, so tritt mit der Zeit ein Bruch ein. Je höher die Dauerbeanspruchung über der Elastizitätsgrenze liegt, um so schneller erfolgt der Bruch. Dauerbrüche in Maschinenteilen treten im allgemeinen nur in den Kerben auf, weil, wie schon erwähnt, die Berechnung der Beanspruchung an den Kerben äußerst unsicher ist. Am häufigsten sind die Dauerbrüche bei Fehlern im Innern der Werkstoffe. Diese wirken immer wie Kerben. Der Vorgang des Dauerbruches ist gewöhnlich so, daß sich mit der Zeit durch die dauernd wechselnde Belastung an der Kerbstelle ein feiner unsichtbarer Riß bildet, der nach und nach zum Bruch führt.

Wenn also ein Dauerbruch auftritt und man keinen Materialfehler feststellen kann, so ist dies ein Zeichen, daß die Konstruktion den Beanspruchungen nicht gewachsen ist und abgeändert werden muß. Oft bringt eine Querschnittvergrößerung keine Abhilfe, sondern wirkt unter Umständen noch schädlicher; manchmal führt eine Querschnittverminderung eher zum Ziele. Im Dampfturbinenbau können in den umlaufenden Teilen sehr wohl Dauerbrüche vorkommen; denn fast alle diese Teile sind schwingender Beanspruchung ausgesetzt.

Die Festigkeit der Werkstoffe bei erhöhten Temperaturen

Da die Turbinen mit Temperaturen bis zu 450° arbeiten, so entsteht die Frage nach der Festigkeit der Werkstoffe bei erhöhten Temperaturen. Ein allgemeines Gesetz über die Veränderlichkeit der Festigkeit mit der Temperatur läßt sich nicht angeben. Bei Gußeisen bleibt die Festigkeit bis 300° praktisch gleich, um bei höheren Temperaturen etwas abzunehmen, Abb. 4. Ähnlich wie die Zerreißfestigkeit verhalten sich bei Gußeisen Biegefestigkeit und Härte.

Bei geschmiedetem Stahl und bei Stahlguß nimmt die Festigkeit unterhalb 0° stark zu, hat etwas oberhalb der

Abb. 5
Festigkeitseigenschaften von geglühtem Stahl (0,1 vH C) in Abhängigkeit von der Temperatur
σ_S Streckgrenze kg/mm² δ Dehnung vH [10 fach]
σ_B Bruchfestigkeit kg/mm² ψ Einschnürung vH
a_k Kerbzähigkeit mkg/cm²

Abb. 6
Steilabfall der Kerbzähigkeit bei verschieden behandelten Stählen
a Stahl geglüht, gereckt und blauangelassen
b Stahl geglüht *c* Stahl vergütet
d Stahl hochlegiert (Chromnickelstahl)

Zimmertemperatur einen schwachen Mindestwert u steigt von 50° an wieder bis zu rd. 250°. Hier ze sich ein schwacher Höchstwert. Von da ab fal Festigkeit und Härte bis zu rd. 700° rasch ab. Streckgrenze dagegen nimmt von der Zimmertempera an schon langsam ab, s. Abb. 5. Die Dehnung hat den Stählen im großen ganzen einen der Festigkeit gegengesetzten Verlauf. Erhöhter Festigkeit entspri verringerte Dehnung und umgekehrt.

Einen höchst eigenartigen Verlauf mit der Tem ratur zeigt bei den Stählen die Kerbzähigkeit. Sie im allgemeinen bei rd. 100° einen Höchstwert und nim mit sinkender Temperatur sehr stark ab. Bei Tempe turen unter 0° ist sie im allgemeinen sehr gering. D zeigt sich in stark zunehmender Sprödigkeit des Stah Daher rührt auch die bekannte Erscheinung, daß St teile, z. B. Eisenbahnwagenachsen, Schienen u. dergl., strenger Kälte viel häufiger brechen als bei gewöhnlic Temperatur. Oberhalb 100° nimmt die Kerbzähigl wieder langsam ab bis zu 450°, wo sie einen schwacl Mindestwert erreicht. In der Umgebung dieser Tem ratur ist Stahl ebenfalls ziemlich spröde. Diese Sprö keit des Stahls zwischen 400 und 500° ist in der Tech als Warmsprödigkeit bekannt. Jede Formänderung stoßender Beanspruchung innerhalb dieses Tempera bereiches soll daher tunlichst vermieden werden. Ob halb 500° steigt die Kerbzähigkeit wieder zu einem Höcl wert an, der höher liegt als der von 100°, um dann zu 1000° auf ziemlich niedrige Werte abzufallen.

Wie man aus Abb. 5 sieht, nimmt die Kerbzäl keit in der Nähe der Normaltemperatur sehr stark Man nennt dies den Steilabfall der Kerbzähigkeit. Stahl, der bei 20° eine Kerbzähigkeit von 4 mkg/cm² kann bei 50° schon die vierfache Kerbzähigkeit hal Der Steilabfall kommt mehr oder weniger bei allen Stäh und auch bei anderen Metallen vor. Wie schon we oben erwähnt, haben gealterte, also kalt gereckte und Blauwärme erhitzte Stähle bei Zimmertemperatur eine s geringe Kerbzähigkeit. Auch diese haben einen St abfall, nur liegt er im Gebiet höherer Temperaturen. A die gealterten Stähle haben bei etwas oberhalb 100° e sehr hohe Kerbzähigkeit. Bei sehr sorgfältig ausgegl ten Stählen liegt der Steilabfall unterhalb der Gebrauc temperatur, sie haben also bei 20° noch eine gute Ke zähigkeit, Abb. 6. Noch besser verhalten sich die v güteten Stähle. Bei diesen liegt der Steilabfall so unterhalb 0°. Die Sprödigkeit tritt also hier erst Temperaturen auf, die weit unter der gewöhnlichen brauchstemperatur liegen. Dieses günstige Verhalten Kerbzähigkeit ist ein Hauptgrund, warum sich vergüt Stähle bewähren, wo gewöhnliche Stähle bereits versag

Günstiger als die gewöhnlichen Kohlenstoffstähle v halten sich bei tieferen und höheren Temperaturen vergüteten legierten und besonders die hochlegierten Stäl Bei ihnen steigen Härte und Festigkeit mit abnehmen

Abb. 7
Einschlüsse im Gußblock, gleichmäßig verteilt

Abb. 8
Anordnung der Einschlüsse bei dreifacher Verschmiedung

[..]mperatur nicht so rasch an, besonders aber nimmt die [..]rbzähigkeit bei niedrigen Temperaturen nicht so stark [..] Während bei den gewöhnlichen Stählen in der Nähe [..] 0 ° die Kerbzähigkeit steil abfällt, zeigen diese Stähle [..]en viel milderen Abfall der Kerbzähigkeit. Darin liegt [..] großer Vorzug vor den gewöhnlichen Kohlenstoff[..]hlen. Auch bei Temperaturen über 250 ° nimmt die [..]stigkeit und Streckgrenze langsamer ab als bei den ge[..]hnlichen Stählen, das gleiche gilt von der Kerbzähig[..]t. Diese Stähle sind daher für den Dampfturbinenbau, [..] die Beanspruchungen bei erhöhter Temperatur auf[..]ten, besonders geeignet.

Bei den im Dampfturbinenbau vorkommenden Nicht[..]enmetallen nehmen die Streckgrenze und Festigkeit im [..]gemeinen bis zu 200 ° nur ganz langsam, oberhalb 200 ° [..]cher ab. Trotz gewöhnlich zunehmender Dehnung [..]mt bei diesen Werkstoffen über 200 ° auch die Sprö[..]keit zu, was sich in verminderter Kerbzähigkeit äußert. [..]n verwendet sie daher gewöhnlich nur für Tempera[..]en bis zu 200 °.

[..]fluß der Herstellung auf die Festigkeitseigenschaften

Im Dampfturbinenbau verwendet man hauptsächlich [..]eisen, Stahlguß und geschmiedete Stähle. Bei der Kon[..]ktion muß man vor allem darauf Bedacht nehmen, daß [..]stellungsfehler möglichst vermieden werden. Zunächst [..] man bei Gußeisen und Stahlguß die Bildung von [..]windhohlräumen oder Lunkern und die Wärmespan[..]gen mit ihren Folgeerscheinungen, den Kalt- und [..]rmrissen, vermeiden. Beide lassen sich auf eine ge[..]nsame Ursache zurückführen, nämlich auf das Schwin[..] des flüssigen Eisens. Dieses ist bei Stahlguß doppelt [..]groß wie bei Grauguß, daher ist flüssiger Stahl schwe[..] zu vergießen als Gußeisen. Zur Vermeidung von [..]kern an den Stellen, wo das Eisen zuletzt erstarrt, [..]sen reichliche Trichter angebracht werden, aus denen [..] flüssige Eisen in die sich bildenden Hohlräume nach[..]en kann. Am leichtesten lassen sich Lunker bei Guß[..]ken mit gleichmäßiger Wanddicke vermeiden. Zur [..]meidung von Schrumpfrissen muß die Konstruktion ein [..]lichst hemmungsloses Schrumpfen zulassen.

Auch bei Schmiedestücken muß auf etwa vorhandene [..]nker Rücksicht genommen werden. Damit gute Festig[..]ei erreicht wird, müssen die Stücke mindestens dreifach [..]chmiedet werden. Stücke mit stark veränderlichen [..]schnitten sind nach Möglichkeit zu vermeiden, weil [..] leicht Schmiedeverzerrungen mit Faserzerreißung [..]eten. Zu starke Verschmiedung verringert die [..]gkeit besonders in der Querrichtung. Diese Ver[..]chterung rührt von den staubförmigen, nichtmetalli[..] Einschlüssen im flüssigen Stahl her. Setzt man der [..]chheit halber voraus, daß die Einschlüsse im Gußblock [..]mäßig verteilt sind, so werden beim Schmieden die [..]er Richtung der Kraftwirkung gelegenen Teilchen [..]der immer mehr genähert, während die in der Streck[..]ng gelegenen auseinandergezogen werden, Abb. 7 [..]8.

[..]it fortschreitendem Verschmieden tritt daher in der [..]ichtung eine immer häufigere Unterbrechung des [..]etallischen Zusammenhanges auf. Diese Einschlüsse [..]n sich schließlich in länglichen Reihen. Man nennt dies Zeilengefüge, Abb. 9. Es entsteht im Gefüge des Stahles eine Faser. Die Festigkeitseigenschaften des Stahles müssen daher verschieden sein, je nachdem sie längs oder quer zur Faser gemessen werden. Durch die stärkere Annäherung der Einschlüsse quer zur Faser und die daraus folgende Unterbrechung des reinmetallischen Zusammenhangs erhält man in dieser Richtung verminderte Dehnung und Kerbzähigkeit, während längs der Faser Dehnung und Kerbzähigkeit durch das stärkere Auseinanderziehen der nichtmetallischen Teilchen in der Regel noch verbessert werden. Die Gleichmäßigkeit des Stahles in den verschiedenen Richtungen wird also durch die Einschlüsse, die sich nur durch die Metallmikroskopie erkennen lassen, aufgehoben. Die Einschlüsse treten um so stärker auf, je unreiner der Stahl ist.

Abb. 10
Einfluß des Schmiedens auf die Festigkeitseigenschaften von Stahl (nach Goerens)

Der Konstrukteur muß auf diese Erscheinung wohl achten; er darf also beim Stahl nicht mit einem Werkstoff rechnen, der nach allen Richtungen hin gleichmäßig ist, sondern muß möglichst so entwerfen, daß die höchste Beanspruchung in der Richtung der Verschmiedung liegt.

In Abb. 10 ist der Einfluß des Verschmiedens auf die Festigkeitseigenschaften von hartem Stahl dargestellt. Man erkennt daraus, daß man mit dem Verschmieden nicht zu weit gehen darf, will man in der Querrichtung nicht zu geringe Zähigkeit in den Kauf nehmen. Man erreicht durch Verschmieden um so bessere Festigkeitseigenschaften, je einfacher die Form des Schmiedestückes ist. Bei verwickelten Formen erreicht man nur schwer gute gleichmäßige Festigkeitseigenschaften.

Wichtig für das Erreichen von guten Festigkeitseigenschaften ist ferner die Größe des Schmiedestückes. Je kleiner das Schmiedestück ist, um so tiefer dringt die Verschmiedung. Bei großen massigen Schmiedestücken lassen sich nur schwer durch Verschmieden allein so hohe Festigkeitseigenschaften erzielen wie bei kleinen Stücken, ferner sind die Festigkeitseigenschaften nicht gleichmäßig über den ganzen Querschnitt verteilt, die äußeren Teile haben höhere Werte als die inneren, die nicht so stark durchgeschmiedet sind. Während man bei einem mittelharten Stahl, der zu einer Welle von 300 mm Dmr. verschmiedet wird, in der Längs-

Abb. 9
Zeilengefüge, 37 × vergr.

richtung 30 kg/mm² Streckgrenze und 7 mkg/cm² Kerbzähigkeit erreicht, lassen sich bei einer Welle von 60 mm Dmr. aus dem gleichen Stahl leicht 36 kg/mm² Streckgrenze und 14 mkg/cm² Kerbzähigkeit erzielen.

Je höher die Beanspruchung bei einem Schmiedestück ist, umso reinerer Stahl muß verwendet werden. Ist Siemens-Martin-Stahl nicht genügend rein, so muß man Elektrostahl oder gar Tiegelstahl wählen. Große Sorgfalt ist auf die richtige Wärmebehandlung zu verwenden, auf das Glühen und Vergüten. Zu rasches Anwärmen und Abkühlen muß man unter allen Umständen vermeiden, weil dadurch innere Spannungen entstehen.

Sicherheit und zulässige Beanspruchung bei den Schmiedestücken für Turbinen

Bei der Auswahl eines bestimmten Stahles für einen Turbinenteil ist folgendes zu berücksichtigen: In erster Linie ist die höchste im Betrieb auftretende Beanspruchung maßgebend. Hierbei gilt der Grundsatz: die Streckgrenze soll mindestens zweimal so groß sein wie die höchste auftretende Spannung, falls diese immer im gleichen Sinne wirkt. Tritt in der Beanspruchung Vorzeichenwechsel auf, so darf die arithmetische Summe der größten und der kleinsten Spannung höchstens 50 vH der Streckgrenze betragen. Mit Bezug auf die Art der Beanspruchung gilt: Kohlenstoffstähle verwendet man für alle einfachen Schmiedestücke, die nicht zu hoch beansprucht werden; für Bauteile, die schwingender Beanspruchung ausgesetzt sind und der Ermüdung in hohem Maß unterliegen, insbesondre auch solche, die unter der Einwirkung von hohen Fliehkräften stehen, bieten nur legierte Stähle ausreichende Sicherheit. Für metallurgisch schwer zu behandelnde Stücke sollen ebenfalls legierte Stähle verwendet werden Der Grund der Überlegenheit der legierten Stähle gegenüber den Kohlenstoffstählen liegt in ihrer im Verhältnis zur Zerreißfestigkeit hohen Streckgrenze und größeren Dehnung sowie in ihrer großen Kerbzähigkeit.

Werkstoffe für die wichtigsten Turbinenteile

Zu Anfang des Turbinenbaues stellte man die Zylinder, Düsen, Zwischenböden und Ringkanäle für Turbinen ausschließlich aus Grauguß her. Solange man niedrige Drücke und Temperaturen anwendete und noch keine größeren Leistungen vorkamen, reichte der gewöhnliche Zylinderguß aus. Als man auf höhere Temperaturen und Drücke überging, beobachtete man häufig starkes Wachsen des Gusses. Dieses brachte die unangenehmsten Folgen mit sich, wie Schaufelschäden und Krummwerden von Gehäusen; in manchen Fällen wurden sogar die Gehäuse durch das Wachsen der Zwischenböden zersprengt. Das Wachsen war aber in der Regel noch mit einer starken Abnahme der Festigkeit verbunden, die schließlich zum Zerfall der Stücke führte. Es sind viele Fälle bekanntgeworden, wo Gußeisen jede Festigkeit verlor, ganz morsch wurde und zerbröckelte.

Man war lange Zeit über die Ursache dieser Erscheinung im unklaren und ging schließlich dazu über, für höhere Temperaturen und Drücke Grauguß ganz zu vermeiden und Stahlguß zu verwenden. Stahlguß verändert sein Volumen bei höheren Temperaturen ni auch hat er größere Festigkeit als Gußeisen und nam lich gehört er zu den dehnbaren Metallen. Aber d hat er andre unangenehme Eigenschaften. Vor allem er ein viel größeres Schwindvermögen; daher ist es schwerer, lunkerfreie Stücke herzustellen und nament porenfreie Sitz- und Dichtungsflächen zu erhalten.

Ein weiterer Nachteil ist, daß Stahlguß leicht in Spannungen zeigt und sich bei Erwärmung verzieht wirft. Er muß daher sehr sorgfältig und vollkom spannungsfrei geglüht werden. Dieses Glühen, das o halb des Umwandlungspunktes, also bei etwa 900°, erfolgen hat, ist auch notwendig, um den Stahguß zu feinern und damit die Festigkeitseigenschaften, nam lich Dehnung und Kerbzähigkeit, zu verbessern.

Für die Heißdampfteile im Turbinenbau genügt di einmalige Glühen aber noch nicht. Man hat nämlich Beobachtung gemacht, daß durch das Vorschruppen neut Spannungen im Stahlguß erzeugt werden; info dessen verzieht er sich bei der betriebsmäßigen Erw mung, was namentlich dichte Sitzflächen unmöglich ma Man muß daher das Stahlgußstück nach dem Vorschrup nochmals ausglühen, derart daß Veränderungen bei Heißdampftemperaturen ausgeschlossen werden. Di Glühen, das man auch Totglühen nennt, besteht im la samen Erhitzen auf 600 bis 650°. Die Temperatur d sich dabei beim Anwärmen wie beim Erkalten um n mehr als 10° stündlich ändern. Es ist selbstverständl daß dieses Ausglühen den Stahlguß sehr verteuert.

Aber auch die Eisengießer sind nicht untätig geb ben und haben Anstrengungen gemacht, um den Zylin guß zu verbessern und ihn für Heißdampftemperatu tauglich zu machen. Da man das Wachsen hauptsächl an stark siliziumhaltigem Gußeisen beobachtete, so mei man ursprünglich, der Siliziumgehalt sei daran sch In der Tat nimmt die Volumenzunahme bei gewöhnlich grauen Roheisen mit dem Si-Gehalt zu. Weitere Un suchungen aber zeigten, daß eine Eisen-Silizium-Legier mit nur 0,2 vH Kohlenstoff nicht wächst. Ebensowe wächst eine im luftverdünnten Raum erhitzte Probe siliziumreichem Grauguß. Dagegen wächst diese Pr in Rauchgasen sehr stark.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, daß Wachsen auf die Oxydation des Gusses durch eind genden Sauerstoff zurückzuführen ist. Als Weg, auf d die Gase in den Guß eindringen können, dient der Graphit ausgeschiedene Kohlenstoff; denn Stahl, bei d der Kohlenstoff in gebundener Form vorhanden ist, z kein Wachsen. Die Aufgabe bestand also darin, ei Guß herzustellen, der keine oder nur geringe Graphita scheidung zeigt.

Die Bemühungen der Eisengießer in dieser Richtu waren von Erfolg. Es ist gelungen, einen Grauguß nahezu rein perlitischem Gefüge herzustellen, bei dem Ferrit vollständig fehlt und der Graphit nicht wie b gewöhnlichen Guß das Gefüge in langen zusammenh genden Adern durchsetzt, sondern nur vereinzelte Pun oder Streifen bildet. Dieser Guß zeichnet sich du

Abb. 11 Gefüge von hochwertigem Zylinderguß, 400 × vergr.

Abb. 12 Gefüge von gewöhnlichem Grauguß, 100× vergr.

Abb. 13 Gefüge von gewöhnlichem Grauguß, 106× vergr.

Abb. 14 Gefüge von schlecht ausgeglühtem Stahlguß, 132× vergr.

Abb. 15
Gefüge von gut geglühtem Stahlguß, 37 × vergr.

ır hohe Festigkeit aus. Während der gewöhnliche linderguß nur etwa 18 kg/mm² Zugfestigkeit hat, ercht man bei diesem Guß über 30 kg/mm².

In Abb. 11 ist das Gefüge von hochwertigem Zylinderß in 400facher Vergrößerung dargestellt. Man sieht ß das Gefüge fast nur aus Perlit besteht. Zum Vereich ist in Abb. 12 und 13 das Gefüge von gewöhnhem Grauguß dargestellt, der eine geringe Festigkeit tte und starkes Wachsen zeigte. Hier besteht das Gege aus Ferrit, Perlit und starken Graphitadern, durch die Gase in den Guß eindrigen können. Abb. 14 gt das Gefüge von schlecht ausgeglühtem Stahlguß t sogenannten Widmannstättenschen Figuren, der in sem Zustande nicht verwendbar ist. In Abb. 15 ist s Gefüge von gut geglühtem Stahlguß dargestellt.

Zunächst gelang es nur, Perlitguß im Elektroofen herstellen, aber neuerdings erzielt man sogar im Kuppeln ähnliche Ergebnisse. Damit so hohe Festigkeiten eicht werden, muß allerdings der Kohlenstoffgehalt driger als bei gewöhnlichem Zylindereisen sein. Er begt nur 2,5 bis 3 vH, dabei darf der Si-Gehalt bis über H steigen, ohne daß ein solches Gußeisen Neigung zum chsen zeigt. Wegen dieser günstigen Eigenschaften Perlitgusses hat in jüngster Zeit wieder eine rückfige Bewegung zugunsten des Graugusses eingesetzt; n der Grauguß hat gegenüber dem Stahlguß unleuge Vorteile.

Man verwendet diesen Guß mit großem Erfolg bes für Frischdampfteile bis zu 15 at und 350° und d sicher noch auf höhere Drücke und Temperaturen rgehen. So engt sich neuerdings das Gebiet des Stahlsses wieder etwas ein. Man verwendet ihn nur noch ausgesprochenem Hochdruckdampf für Ventilgehäuse, gkanäle, Kleindampfverteiler und Hochdruckzylinder, rend man den Perlitguß bereits für Frischdampfteile niederen Drücken, für Zwischenböden und für Mittelkzylinder gebraucht. Für Niederdruckzylinder, Lagerke, Stopfbüchsen und alle Teile, die nur mäßigen Tematuren und Beanspruchungen ausgesetzt sind, genügt a wie vor der gewöhnliche Zylinderguß.

Die Wellen gehören zu den empfindlichsten Teilen e Dampfturbine. Sie erfahren zwar im normalen Ben nur mäßige Verdrehungs- und Biegebeanspruchungen. trotzdem bestehen für sie infolge der hohen Drehalen viele Gefahren, die Anlaß zu Betriebstörungen oder eren Brüchen geben können. Zunächst müssen rfe Kerben und schroffe Querschnittübergänge nach lichkeit vermieden werden. Die größte Gefahr ent- aber, wenn innere Fehler vorhanden sind. Diese n in der Regel zu unruhigem Lauf oder gar zu Erngsbrüchen. Man muß daher alles tun, um schon rsache solcher innerer Fehler wie Lunker, Schmiedeißungen und Risse zu bekämpfen oder die Fehler zeitig vor Verwendung der Welle aufzudecken.

ie Wellen sollen daher möglichst gleichmäßigen schnitt haben und nicht zu stark abgesetzt sein. Je eiger sich dies aus baulichen Rücksichten ermöglichen ßt um so reineren, hochwertigeren Stahl muß man enden, um so sorgfältiger muß man beim Schmieden ndbei der Wärmebehandlung im Stahlwerk verfahren. ur Aufdeckung von inneren Fehlern sollen alle größen nd wichtigeren Wellen mit einer Bohrung versehen en. Eine große Gefahr für den ruhigen Lauf einer Welle bilden auch innere Spannungen. Diese führen in der Regel zum Krummwerden der Welle im Betriebe. Zur Prüfung auf Spannungsfreiheit müssen die Wellen nach dem Schruppen mehrere Stunden bei langsamem Drehen auf 250 bis 300° erhitzt werden. Hierbei dürfen sie sich nur um einige hundertstel Millimeter werfen.

Aber selbst eine gleichmäßige, sorgfältig hergestellte Welle kann unruhig laufen und krumm werden, wenn die Dampfturbine falsch angewärmt wird, wenn die Stopfbüchsen zum Streifen kommen, die Radscheiben unsachgemäß aufgeschrumpft sind oder irgendeine Unbalanz im umlaufenden System vorhanden ist. Man muß daher auch solche Ursachen von Betriebstörungen vermeiden. Bezüglich der Frage, ob man starre, d. h. unter ihrer kritischen Drehzahl laufende Wellen oder elastische, d. h. über ihrer kritischen Drehzahl laufende Wellen verwenden soll, ist zu sagen, daß starre Wellen unter allen Umständen den Vorzug verdienen, trotz etwas größerer Verluste durch Undichtigkeit; denn langjährige Erfahrungen haben gezeigt, daß starre Wellen viel weniger Anstände ergeben als elastische Wellen.

Für normal beanspruchte, nicht zu stark abgesetzte Wellen verwendet man Siemens-Martin-Stahl von 30 kg/mm² Streckgrenze, 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit, 22 vH Dehnung auf fünffache Meßlänge und 6 mkg/cm² Kerbzähigkeit. Für höher beanspruchte, stark abgesetzte Wellen nimmt man legierten Nickel- oder Chrom-Nickelstahl von etwa 40 kg/mm² Streckgrenze, 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit, 24 vH Dehnung und 12 mkg/cm² Kerbzähigkeit. Bei ganz hohen Beanspruchungen schreibt man sogar 50 kg/mm² Streckgrenze, 70 bis 80 kg/mm² Festigkeit, 18 vH Dehnung und 10 mkg/cm² Kerbzähigkeit vor.

Bei Gleichdruckturbinen von nicht zu hoher Leistung werden die Hochdruckräder häufig aus der vollen Welle herausgearbeitet. Dadurch wird die Baulänge der Turbine klein, ferner wird ein unbedingt fester Sitz der Räder erreicht. Weil eine derartige Welle aber sehr stark abgesetzt werden muß, besteht die Gefahr, daß sie im dickeren Teil weniger gut verschmiedet wird, und daß Faserzerreißungen beim Übergang vom dickeren zum dünneren Teil auftreten; durch das tiefe Einstechen auf den weniger durchgeschmiedeten, fast nie spannungsfreien Kern entstehen ferner leicht Werfungen in den Scheiben. Derartige Wellen erfordern daher große Sorgfalt bei der Herstellung, thermischen Behandlung und Prüfung.

Ähnliche Werkstoffaufgaben wie bei den Wellen liegen auch bei den Ausgleichkolben und Trommeln der Überdruckturbinen vor. Da die Trommeln gleichzeitig Schaufelträger sind, so unterliegen sie in der Regel auch hohen Fliehkräften. Zu ihrer Herstellung müssen daher namentlich für größere Turbinen sehr hochwertige Stähle verwendet werden. Um Wärmespannungen zu vermeiden, teilt man neuerdings bei Turbinen größerer Leistung die Trommeln in mehrere Einzeltrommeln.

Größte Bedeutung ist vom werkstofftechnischen Standpunkt aus den Hauptschaufelträgern, den Radscheiben beizulegen. Die höchste Beanspruchung infolge der hohen Fliehkräfte tritt an der Nabe auf. Hier hat die Scheibe aber auch die geringste Festigkeit, weil die Nabe aus dem Kern des Stahlblockes hergestellt wird, in dem sich die schädlichen Bestandteile des Stahles wie Schwefel und Phosphor ansammeln. Für die Brauchbarkeit einer Radscheibe sind daher nur die Festigkeit und namentlich die Kerbzähigkeit von Proben aus der Nabe maßgebend, die in der Richtung der Beanspruchung, also in tangentialer Richtung, entnommen sind. Für die Radscheiben kommen folgende Stahlarten in Betracht:

Für kleine Gleichdruckräder Siemens-Martin-Stahl von 30 kg/mm² Streckgrenze, 50 bis 60 kg/mm² Festigkeit, 22 vH Dehnung auf fünffache Meßlänge und 6 mkg/cm² Kerbzähigkeit;

für größere Gleichdruckräder und für Überdruckräder Nickelstahl oder Chrom-Nickelstahl von 40 kg/mm² Streckgrenze, 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit, 24 vH Dehnung, 12 mkg/cm² Kerbzähigkeit; für hochbeanspruchte Gleichdruck- und Überdruckräder Chrom-Nickelstahl von 50 kg/mm² Streckgrenze, 70 bis 80 kg/mm² Festigkeit, 18 vH Dehnung, 10 mkg/cm² Kerbzähigkeit.

Abb. 16
Patronenmessing (71,42 vH Kupfer, 28,46 vH Zink, 0,12 vH Blei, Spuren von Eisen, Zinn, Nickel)

Abb. 17
Mangan-Nickel-Messing (51,36 vH Kupfer, 1,28 vH Eisen, 6,51 vH Mangan, 3,78 vH Nickel, 37,07 vH Zink, Spuren von Blei und Zinn)

Abb. 18
Nickelstahl (5 vH Ni, 0,2 vH C)

Abb. 19
Monelmetall, gezogen

Abb. 20
Rostsicherer Stahl V 5 M

Abb. 16 bis 20
Schaufelbaustoffe für Dampfturbinen

Eine große Sorge bereitete dem Dampfturbinenbau lange Zeit die richtige Befestigung der Räder auf der Welle. Bei zu losem Sitz werden die Räder namentlich beim Anfahren infolge stärkerer Erwärmung des Kranzes leicht locker. Zu starkes Aufschrumpfen führt häufig zum Verkrümmen der Welle. Man hat aber in der letzten Zeit eine Reihe von sinnreichen Konstruktionen erdacht, um diese Übelstände zu vermeiden.

Auch der gefürchteten Scheibenschwingungen, die verschiedentlich zu Scheibenbrüchen und schweren Zerstörungen führten, ist man Herr geworden, seit es gelungen ist, die Scheibenschwingungszahlen durch Versuche und rechnerisch festzustellen.

Die Turbinenschaufeln

Von der zweckmäßigen Bauart und der richtigen W des Werkstoffes der Schaufel hängt in hohem Maße Betriebsicherheit der Turbinen ab. Die Schaufelfra spielte daher von jeher im Dampfturbinenbau eine gro Rolle. In den Anfängen des Turbinenbaues bildeten häufigen Schaufelbrüche ein großes Hindernis für Verbreitung der Dampfturbinen. Allerdings lag die U sache von Schaufelbrüchen meist außerhalb der Schaufe namentlich im Verziehen und Wachsen der Zylind Düsen und Zwischenböden, in ungleichmäßiger Ausde nung und Krummwerden der Wellen und Radscheib Aber auch heute ist man noch nicht über alle Schwier keiten hinweg.

Besonders machen die L a u f s c h a u f e l n d Dampfturbinenbauer oft große Sorge. Die Laufschaufe werden durch die Fliehkräfte und den Dampfstoß auf Z und Biegung beansprucht. Dabei handelt es sich in d Regel nicht um ruhende Biegung, vielmehr liegt in d meisten Fällen die Möglichkeit von Schwingungen v Dann können unter Umständen große Beanspruchung in den Schaufeln entstehen, die zu Ermüdungsbrüch führen. Schwingungen kommen dadurch zustande, d der Dampfstrahl nicht ganz gleichmäßig über den Ra umfang verteilt ist, sondern durch die Zwischenräu zwischen den Düsen unterbrochen wird. Die einzel Schaufel unterliegt also einer ihrer Größe nach sta wechselnden Beanspruchung. Besonders ist dies der F bei den nur teilweise beaufschlagten Gleichdruckstufe

Aber auch bei den vollbeaufschlagten Rädern könn Schaufelschwingungen entstehen. Durch das Vorbeilauf

der Schaufel, an der Teilfuge oder an den Zuführungs-
llen des Hilfsmaschinendampfes, ferner an den An-
ofstellen können periodische Kräfte entstehen, die die
aufeln zu Schwingungen anregen. Durch geeignete
ßnahmen muß man dafür sorgen, daß wenigstens
sonanz vermieden wird. Aber auch noch andere Ge-
ren bestehen für die Schaufeln. So sind die Hoch-
ckschaufeln Dampf von hohen Temperaturen ausge-
zt. Bei hohen Temperaturen nimmt aber die Festigkeit
Schaufelbaustoffe beträchtlich ab, Abb. 16 bis 20.

Bei Schaufelmessing, Abb. 16, nimmt die Festigkeit
250 ° an schon stark ab. Es ist also höchstens bis
200 ° brauchbar.

Mangan-Nickel-Messing, Abb. 17, hat höhere Festig-
t als das gewöhnliche Messing. Es ist aber wegen
ner Neigung zu Spannungsrissen in der Herstellung
r empfindlich und daher nur mit Vorsicht verwendbar.

Nickelstahl von 5 vH Nickelgehalt, Abb. 18, wird
nentlich für den Hochdruckteil von Dampfturbinen ver-
ndet. Monelmetall, Abb. 19, ist eine Naturlegierung
rd. 60 vH Nickel und 40 vH Kupfer. Diese Legierung
sich sehr gut bewährt, nur ist sie wegen des hohen
naltes an Nickel sehr teuer.

Die weichere Art von rostsicherem Chromstahl von
upp, Abb. 20, wird gegenwärtig viel verwendet. Für
ere Beanspruchungen wird ein härterer Chromstahl
utzt, dessen Streckgrenze um 40 bis 50 vH höher ist.

Aus Abb. 16 bis 20 geht hervor, daß die wichtigste
tigkeitseigenschaft, die Streckgrenze, mit der Tempe-
ur rasch abnimmt.

Große Sorgfalt verlangt auch die Befestigung
r Schaufeln. Diese verursacht immer eine ge-
se Kerbwirkung, und zwar gerade an der am stärk-
beanspruchten Stelle, am Fuß. Die dadurch entstehen-
Gefahren muß man durch konstruktive Maßnahmen
durch Auswahl des geeigneten Werkstoffes ver-
ern. Man verjüngt zu diesem Zweck den Schaufel-
rschnitt nach außen hin und setzt dadurch die Zug-
t herab; durch zentrische Aufhängung der Schaufel
indert man die Biegungsbeanspruchung, außerdem
tärkt man den Schaufelfuß, besonders aber vermeidet
scharfe Übergänge und Kanten. Durch Überhöhung
Zwischenstückes legt man ferner die Stelle der ge-
lichen Beanspruchung von dem mit einer Kerbe ver-
nen Fuß weg, so daß der volle Schaufelquerschnitt
Biegung beansprucht wird.

Alle diese Maßnahmen wären aber zwecklos, wenn
keinen ganz reinen, zähen, spannungsfreien Werk-
ohne Risse und innere Schäden verwenden würde.
n großen Übelstand, namentlich der gezogenen Schau-
bilden die inneren Spannungen. Durch das Kalt-
n entstehen an der Oberfläche leicht Zugspannungen
im Kern Druckspannungen. Durch diese zusätz-
n Zugspannungen werden also die äußeren Teile der
ufeln, die an sich schon durch die Biegespannung
beansprucht werden, besonders gefährdet. Viele
aufelwerkstoffe, namentlich die nickelhaltigen, neigen
i Kaltziehen leicht zu inneren Spannungen und Span-
rsrissen. Man kann daher die Schaufeln daraus nicht
ziehen, sondern nur warm walzen. Am ungünstig-
verhielten sich die früher viel verwendeten Schaufeln
dem sonst so außerordentlich zähen 25 vH-Nickel-
l. Besonders die Einwirkung höherer Temperaturen
bei diesem Stahl häufig zu Rissen und Schaufel-
en. Aber auch bei sonst befriedigenden Baustoffen
Messing, die die nötige Oberflächenhärte nur durch
ltziehen erreichen, muß der Ziehvorgang mit großer
rcht ausgeführt werden.

ielleicht die größte Gefahrenquelle bildet für die
rinenschaufeln der Verschleiß. Durch ihn entstehen
eisten Schaufelschäden. Der Verschleiß kann durch
rsion oder auch durch Erosion oder durch eine Ver-
ndung beider Einflüsse erfolgen. Gewöhnlich unter-
tzen sie einander derart, daß die Ergebnisse der An-
ssung durch Auswaschung weggespült und dadurch
ie Anfressung neue Angriffsflächen geschaffen
rden.

Abb. 21 Gefüge des nichtrostenden Stahles, 132× vergr.

Die wichtigste Art der Anfressung, das Rosten, tritt
nur bei den Stahlschaufeln auf. Am stärksten ist die
Rostwirkung, wenn zu kondensierendem Dampf Luft
treten kann. Daher besteht während des Betriebs un-
mittelbare Rostgefahr im Hochdruckgebiet überhaupt nicht,
da hier immer überhitzter Dampf vorhanden ist, im Nieder-
druckteil dagegen ist wegen der Dampfnässe mit einer
gewissen Rostgefahr immer zu rechnen. Starken Rost-
wirkungen sind dagegen die Stahlschaufeln während des
Stillstandes ausgesetzt, wenn Sickerdampf und Luft in die
Turbinen gelangen können. Man muß daher Sickerdampf
fernhalten und für gute Entwässerung der Turbinen sor-
gen. Da aber trotz aller Vorsicht im Naßdampfgebiet
immer ein Verrosten der Schaufeln auftritt, sucht man
neuerdings hierfür nur nichtrostende Stoffe zu verwen-
den. Versuche mit verchromten Stahlschaufeln haben bis-
her noch zu keinem Erfolg geführt, da die Chromschicht
zu leicht abspringt. Als hinreichend rostsicher haben sich
dagegen die hochchromhaltigen, sogenannten nichtrosten-
den Stähle bewährt.

Abb. 21 zeigt das feinkörnige Gefüge eines solchen
Stahles, das auf die Hochwertigkeit des Werkstoffes
schließen läßt. Seiner Verwendung in größerem Umfang
standen bisher nur sein hoher Preis und seine Empfind-
lichkeit in der Wärmebehandlung entgegen.

Die Auswaschung der Schaufeln ist um so stärker, je
höher die Dampf- und Schaufelgeschwindigkeit ist. Im
Hochdruckteil begegnet man ihr am wirksamsten durch
Anwendung von genügend hartem Werkstoff. Nickelstahl
von 5 vH Gehalt hat sich in dieser Hinsicht meistens als
ausreichend erwiesen. Im Mitteldruckgebiet und in jenem
Teil des Niederdruckgebietes, wo die Schaufelgeschwindig-
keiten und die Dampfnässe noch nicht zu hoch sind, ge-
nügen sogar Messing oder Nickelmessing. In den letzten
Reihen des Niederdruckteils, wo hohe Umfangsgeschwin-
digkeiten, verbunden mit großer Dampfnässe, vorkommen,
kann der Verschleiß durch Erosion sehr groß werden.
Bekanntlich erlangen die schweren Wassertröpfchen
durch die Expansion des Dampfes in den Leitschaufeln
nicht die volle Dampfgeschwindigkeit. Sie schlagen daher
mit ihrer schwereren Masse gegen den Rücken der Schau-
feln und zerstören sie rasch. Man verwendet daher für
diese letzten Reihen möglichst verschleiß- und anfressungs-
feste Werkstoffe von hoher Festigkeit, nach den bisherigen
Erfahrungen am besten Monelmetall und rostsichere Stähle.
Aber selbst die besten Werkstoffe würden auf die Dauer
der Auswaschung nicht widerstehen, wenn man nicht
durch geeignete Maßnahmen für möglichst vollkommene
Beseitigung des Wassers, das zudem noch den Wirkungs-
grad verschlechtert, sorgen würde. Am besten haben
sich in dieser Beziehung Wasserableitkanäle in den Leit-
schaufel-Zwischenstücken bewährt, durch die das Wasser
außerhalb der Beschaufelung zum Kondensator gelangen
kann.

Als Schaufelwerkstoffe kommen demnach in Be-
tracht: Messing, Nickelmessing, Monelmetall, 5 vH-Nickel-
stahl und nichtrostender Chromstahl. Für die Auswahl
der einzelnen Schaufelwerkstoffe gelten folgende Gesichts-
punkte:

Hochdruckteil: Gleichdruck- und Überdruckschaufeln
5 vH-Nickelstahl oder nichtrostender Stahl, bei sehr hohen
Temperaturen (über 350 °C) und Rostgefahr nichtrosten-
der Stahl.

Mitteldruckteil: Nur nichtrostende Metalle, bei geringer Beanspruchung Messing, bei höherer Beanspruchung Nickelmessing.

Niederdruckteil: Nur nichtrostende Metalle, bei geringer Beanspruchung Messing oder Nickelmessing, bei hoher Beanspruchung in den letzten Schaufelreihen Monelmetall oder nichtrostender Stahl.

Für die Deckbänder wird am besten der gleiche Werkstoff wie für die Schaufeln verwendet; für Bindedrähte empfiehlt sich der sogenannte Bimetalldraht, ein Kupferdraht mit Stahlseele, der daher eine hohe Festigkeit hat.

Lager und Schmierung

Von großer Bedeutung für die Betriebsicherheit der Turbinen ist das einwandfreie Arbeiten der Lager. In den Anfängen des Turbinenbaues herrschte größte Unklarheit und Unsicherheit auf dem Gebiet des Lagerbaues. Man hatte von der Reibung geschmierter Flächen und vom Verhalten der Schmiermittel nur ganz geringe Kenntnisse. Es dauerte lange, bis man zylindrische Traglager einigermaßen zufriedenstellend bauen konnte.

Aber die axialen Drucklager blieben bis in die jüngste Zeit hinein das Schmerzenskind des Turbinenbaues. Erst als man sich mit den Arbeiten von Reynolds, Sommerfeld und Michell vertraut gemacht hatte und erkannte, daß eine zähe Schmierschicht zwischen zwei schwach geneigten, aneinander vorbeigleitenden Flächen, infolge ihrer inneren Reibung gewaltige Drücke aufzunehmen und die beiden Flächen voneinander abzuheben imstande ist, war die Grundlage für ein brauchbares Drucklager geschaffen. In Anwendung dieses fruchtbaren Gedankens entstand das neuzeitliche Einringdrucklager, das gegenüber dem alten Vielringdrucklager neben der größeren Betriebsicherheit noch den Vorteil der viel geringeren Reibungsverluste hat.

Während man also gegenwärtig vom physikalischen Standpunkt aus einen ziemlich tiefen Einblick in das Wesen der Lagerreibung gewonnen hat, sind noch verschiedene Werkstofffragen übrig geblieben, die gegenwärtig den Turbinenbau beschäftigen. Hier ist vor allem das Schmiermittel selbst zu nennen. Für die Schmierung von Turbinenlagern kommen nur raffinierte Mineralöle in Betracht. Von diesen verlangt man, daß sie eine Viskosität von 3 bis 5 Englergraden bei 50 °C haben sollen. Öle von geringerer Zähflüssigkeit zu verwenden, empfiehlt sich nicht, wenn sie auch etwas geringere Lagerreibungsverluste ergeben; denn bei zu dünnem Öle werden namentlich die Drucklager zu empfindlich. Bei Getriebeturbinen muß man wegen der Schmierung der schnellaufenden Zahnräder ein etwas dickeres Öl verwenden. Es soll bei 50° mindestens 6 Englergrade haben.

Die heutigen Turbinenöle befriedigen im neuen Zustande namentlich in bezug auf ihre eigentlichen Schmiereigenschaften, nämlich Viskosität, Benetzungskraft und Schmierergiebigkeit, durchaus. Sie haben aber den Nachteil, daß sie häufig rasch altern. Sie bilden bei längerer Betriebsdauer in vermehrtem Maße Teer, Schlamm und Säure, besonders stark aber Schaum und Emulsion. Bei den neueren Turbinen kommt das Öl während seines Kreislaufs vom Ölbehälter zu den Schmierstellen über den Ölkühler und Wasserabscheider in innige Berührung mit Luft und unterliegt daher der Oxydation durch den Luftsauerstoff. Dadurch wird das Öl schließlich mit Luftblasen durchsetzt, so daß vielfach keine einwandfreie Schmierung möglich ist.

Aber außer mit der Luft kommt das Öl mit Sickerdampf und Wasser in Berührung, weil die Stopfbüchsen nie vollkommen dichten; manchmal sind auch die Kühlschlangen nicht ganz dicht. Damit eine befriedigende Schmierung möglich ist, muß sich das Öl rasch und vollständig vom Wasser trennen und darf keine Aufschwemmung bilden. Man findet, daß Öle um so mehr zur Aufschwemmung neigen, je länger sie im Betrieb unter der Einwirkung von Sauerstoff waren. In vielen Fällen tritt aber die Emulgierung schon bei ganz neuen Ölen auf, namentlich bei Hochdruck- und Gegendruckturbinen, obwohl die betreffenden Öle nach den heute bestehenden Vorschriften als nicht aufschwemmend gelten. Um Turbinenöle hinsichtlich des Emulgierens noch wi standsfähiger zu machen, muß die Veredelung noch erh werden; anderseits müssen neue Prüfverfahren au bildet werden, damit man ein nicht emulgierendes Öl einem emulgierenden von vornherein unterscheiden k

Obwohl beim normalen Lauf einer Turbine k metallische Berührung zwischen Zapfen und Lagersc stattfindet und somit das Lagermetall von ganz ne sächlicher Bedeutung sein sollte, ist die Verwend eines geeigneten Lagermetalls doch von größter Wich keit. Maßgebend für die Wahl eines Lagermetalls seine Widerstandfähigkeit gegen Verschleiß beim und Auslauf der Turbine, wenn also noch metallische rührung zwischen Zapfen und Schale vorhanden ist, sein Verhalten bei Betriebstörungen. Ein gutes La metall soll einen Schmelzpunkt haben, der möglichst von dem der Welle entfernt ist, damit bei Betriebstör gen zuerst das Lagermetall schmilzt, bevor die W oder gar der kostspielige Turbinenläufer ernstlich Schaden gekommen ist. Als Lagermetall für die zy drischen Traglager hat sich hochzinnhaltiges Weißme von mindestens 35 kg/mm² Brinellhärte bestens bewä Stark bleihaltige Lagermetalle empfehlen sich für die Turbinenbau üblichen Druckölschmierungen nicht, das Blei durch den starken Ölumlauf oxydiert und gewaschen wird. Für die Einscheibendrucklager ist Weißmetall etwas zu weich, besser eignet sich hie eine harte Zinnbronze.

Werkstofffragen der Grenzgebiete des Dampfturbi baues

Mit dem neuzeitlichen Turbinenbau sind viele Gr gebiete verknüpft, deren Pflege und Förderung für lebenswichtig sind. Die wichtigsten sind die Stromer ger, Kondensatoren, Dampfkessel und schnellaufe Zahnradgetriebe.

Die meisten Dampfturbinen dienen zum unmittelba Antrieb von Drehstromerzeugern. Ihre Läufer ebenso wie die der Dampfturbinen ungeheuren F kräften ausgesetzt. Da bei den Dynamoläufern größere Schmiedestücke auftreten, ist die Werkstofffr zum Teil noch viel schwieriger als bei den Dampfturbi zu lösen. Besonders gelten die bei den Turbinenwe dargelegten Gesichtspunkte hinsichtlich Werkstoff wahl, Herstellung und Konstruktion in verstärk Maße. Zur Zeit bilden 40 000 kVA die Grenze, bis der man solche Läufer für 3000 Uml./min herstellen k Ein derartiger Läufer wiegt roh über 20 t und hat Umfangsgeschwindigkeit von mehr als 150 m/s. Es be bedeutender Anstrengungen der Stahltechnik, des wurfs und der Materialprüfung, um bei so gewalti Läufern die nötige Betriebsicherheit zu erreichen.

Bei den für den Betrieb der Dampfturbinen ebe wichtigen Kondensatoren bereitet die Dauerhaftigkeit Kondensatorrohre die größten Sorgen. Am besten sich für Kondensatorrohre das sogenannte 70 vH-Mess bewährt, eine Legierung von 70 vH Cu, 29 vH Zn 1 vH Sn, wobei Pb und andere Bestandteile nur in Spu vorkommen dürfen. Die Röhren dürfen nicht zu sein, ihre Festigkeit soll 35 bis 40 kg/mm² tragen. Sie müssen ferner vollkommen frei von inne Spannungen sein, müssen sich daher vollständig zus menquetschen lassen, ohne Anrisse zu zeigen, ebe dürfen sie beim Aufsägen nicht aufspringen oder zus menfedern. Man hat in den letzten Jahren große fahrungen in der Herstellung und Prüfung von Kond satorrohren wie in ihrer Beobachtung im Betrieb sammelt. Aber trotzdem kommen immer wieder unerkl liche Zerstörungen vor. Die Forschung auf diesem üb aus wichtigen Gebiet darf daher nicht rasten.

Im Dampfkesselbau hat man in jüngster Zeit gew tige Fortschritte sowohl in bezug auf Größe und L stungsfähigkeit als auch in der Beherrschung höhe Drücke und Temperaturen gemacht. Besonders ist d Kesselbau zugute gekommen, daß man endlich über Veränderung der Zähigkeitseigenschaften der Kesselba

…ffe eine gewisse Klarheit gewonnen hat. Hier kommt … schon weiter oben behandelte Altern des Stahles in …racht. Es ist neuerdings gelungen, neben den legierten …hlen, die nicht altern, auch unlegierte Kohlenstoff…hle, die sogenannten Izettstähle von Krupp, her…tellen, die die gleiche Eigenschaft haben.

…Ein weiteres Anwendungsgebiet hat der Dampf…binenbau gefunden, seitdem es gelungen ist, rasch…fende Zahnrädergetriebe betriebsicher herzustellen. … werden heutzutage Schiffsschrauben, Holzschleifer, …ibenventilatoren, Walzwerke, Großtransmissionen und …ichstromerzeuger über Zahnradvorgelege durch …mpfturbinen angetrieben. Damit derartige Getriebe …glichst geräuschlos arbeiten und keinen Verschleiß, …entlich nicht die gefürchtete Grübchenbildung zeigen, …ssen sie nicht nur aus reinstem, schlackenfreiem Stahl …gestellt, sondern auch sehr sorgfältig geschnitten, …gewuchtet, geschmiert und gelagert werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Dampfturbinenbau hat hinsichtlich der Verbes…ung des Wirkungsgrades in den letzten Jahren ge…tige Fortschritte gemacht. Während man zu Anfang … Dampfturbinenbaues noch über 5000 kcal/kWh …uchte, ist man jetzt durch schrittweise Verbes…ung bei den ganz großen Turbodynamos auf weniger …3000 kcal/kWh gekommen. Aber in der Richtung der …iebsicherheit muß noch viel mehr getan werden; da sind es neben konstruktiven Verbesserungen hauptsächlich Werkstoffaufgaben, die noch ihrer Lösung harren. Aber bei dem frischen Wagemut, der den Dampfturbinenbau von jeher auszeichnete, wird er auch vor den hierbei auftretenden Schwierigkeiten nicht zurückschrecken.

Der Dampfturbinenbau steht vor großen Zielen. Er muß uns in den Stand setzen, elektrischen Strom an Industrie, Gewerbe, öffentliche Betriebe und besonders an den Haushalt noch viel billiger als jetzt abzugeben. Wenn man bedenkt, daß Deutschland, auf den Kopf der Bevölkerung berechnet, nur etwa den dritten Teil an elektrischer Arbeit verbraucht, als die Schweiz und Nordamerika, und daß in den meisten Großstädten erst etwa ein Drittel der Häuser mit elektrischem Licht versorgt wird, so sieht man, welche Aufgaben noch zu erfüllen sind.

Vor allem müssen die Elektrizitätswerke ihr Augenmerk auf die Lieferung von billigem Nachtstrom richten. Für diesen besteht ein großes Bedürfnis in den Haushaltungen für Warmwasserspeicherung und Heizung, in den Metall- und Hüttenwerken und Gießereien für Schmelzöfen, in der Landwirtschaft für Futterkocher und dergl. Für alle diese Aufgaben sind aber gewaltige Turbodynamos von höchster Wirtschaftlichkeit nötig, und es ist zu erwarten, daß der billige elektrische Strom nicht nur eine starke Belebung der elektrischen Industrie, sondern auch eine erneute Befruchtung unsres gesamten Wirtschaftslebens bringen wird. [B 335]

Kurzprüfung von Anstrichstoffen[1])

Bei der Kurzprüfung von Anstrichstoffen wendet man …auf die Anstriche im Gebrauch später einwirkenden …tigsten Kräfte und Stoffe in sehr verstärktem Grad und …ufigem Wechsel an, ein Verfahren, das man bei andern …stoffen, wie Stahl, Beton, seit langem benutzt.

Entsprechend der praktischen Beanspruchung von An…istoffen kommen für die Kurzprüfung auf Wetter…ndigkeit in Betracht:

1. die chemisch besonders wirksamen kurzwelligen Strahlen des Sonnenlichts in ihrer Einwirkung auf trockene und feuchte Anstriche;
2. Wechsel von Trockenheit und Feuchtigkeit;
3. Wechsel von Wärme und Kälte;
4. auf Anstriche und Anstrichträger (Eisen) chemisch besonders stark einwirkende Bestandteile von Rauchgasen (schweflige Säure und Kohlensäure).

…ie ultravioletten Strahlen des Sonnenlichts wendet …n verstärktem Grade laboratoriumsmäßig dadurch an, … man die Versuchsanstriche der Bestrahlung einer …-Quecksilberdampflampe aussetzt. Die starke Wirkung … Strahlen ist noch nicht geklärt. Man nimmt …daß die aufprallenden Strahlen unzählige kleine …iemengen darstellen, die sich in punktförmige Er…ungszentren umwandeln. Diese Erwärmungszentren …, unterstützt von dem aus dem Luftsauerstoff gebil…Ozon, bei den aus trocknenden Ölen bestehenden Binde…ln der Anstriche zu einer schnellen Durchtrocknung …härtung, schließlich aber zur Alterung oder Verrot…ter Oberfläche und bei den Nitrolackfarben zum Zer…r Nitrozellulose.

…echsel von Trockenheit und Feuchtigkeit setzt durch …äufigen Wechsel von Aufquellen und Austrocknen …astizität des Anstrichs weitgehend herab. Die zur …ng der elastischen Dehnungsfähigkeit von Kautschuk aufgestellten Arbeitsleitsätze und Verfahren der Röntgenspektrographie sind sinngemäß auch auf Anstrichfilme zu übertragen, da sie dazu beitragen können, die zum großen Teile noch unbekannten Vorgänge beim Trocknen und Altern von Anstrichfarben aufzuklären. Die so gealterten Anstriche werden dem Wechsel von Kälte und Wärme ausgesetzt. Sie vermögen der Ausdehnung und Zusammenziehung der als Anstrichträger benutzten Eisenplatte nicht mehr zu folgen; es bilden sich Risse, durch die das Eisen freigelegt und dem Rostangriff ausgesetzt wird.

Schweflige Säure als schädlichster Bestandteil der Rauchgase wirkt auf die trocknenden Öle der Anstriche zersetzend ein und ruft außerdem Rosterscheinungen auf der Eisenplatte hervor.

Als Kurzprüfung kann auch die Prüfung der Farbfilme auf Festigkeit, Dehnbarkeit, Elastizität bezeichnet werden. Diese Prüfungen sind zweckmäßig auch auf künstlich gealterte Filme auszudehnen.

Von den in erster Linie bekanntgewordenen Kurzprüfverfahren wird das der Firma Ruth, Wandsbek, das des Leuna-Werkes (I.-G. Farbenindustrie), das bei den Zöllner-Werken benutzte Gardner-Rad, die Schnellprüfeinrichtung der Chemisch-Technischen Reichsanstalt und die bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Chemischen Versuchsanstalt, Kirchmöser (Havel), benutzte Einrichtung beschrieben. Diese unterscheidet sich von den vorhergenannten insbesondere dadurch, daß der Hauptwert auf die Einwirkung der Uviolstrahlen gelegt wird und daß die Platten auf einem laufenden Kettenband um die Lichtquellen herumgeführt werden. Am tiefsten Punkt des Umlaufs um die Lichtquellen werden die Tafeln durch ein Flüssigkeitsbad geführt, das durch Rohrschlangen bis unter 0° abgekühlt und wieder erwärmt werden kann.

Zur Kennzeichnung des bei der Kurzprüfung erhaltenen Verrottungsgrades wird die von der I.-G. Farbenindustrie vorgeschlagene Rostskala 1 bis 6 zur allgemeinen Einführung empfohlen. Die Kurzprüfungsverfahren werden zur Zeit vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, Ausschuß 20, einer vergleichenden Prüfung unterzogen. [N 428]

[1]) Auszug aus dem Vortrage von Dr. Schulz, Kirchmöser, in der …tsitzung „Anstrichtechnik“ der 66. Hauptversammlung des Vereines …scher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927, vergl. S. 774 und 803 …s …eftes.

Probleme des Zündermotors für flüssige Brennstoffe[1])

Die Forschung in Deutschland hat sich bisher viel mehr mit den Brenner(Einspritz)-, als den Zünder(Vergaser)-Motoren befaßt. Diese Zündermotoren verlangen jedoch wegen ihrer hohen wirtschaftlichen Bedeutung (in Deutschland in Fahrzeugen allein mehr als 5 000 000 PS) eine größere Beachtung und planmäßige Behandlung in Einzel- und Gemeinschaftsarbeit.

Versuche von Ricardo[2]) haben gezeigt, daß sich bei Zündermotoren für flüssige Brennstoffe unter Anwendung aller bekannten Mittel Wirkungsgrade und Leistungen erzielen lassen, die den theoretisch erreichbaren, berechnet von Tizard und Pye unter Berücksichtigung der Dissoziation und der Veränderlichkeit der spezifischen Wärmen, sehr nahe kommen. Es ist daher Aufgabe der Motoren- und Brennstofftechnik, Motoren und Brennstoffe zu erzeugen, die den Forderungen des Betriebes vollkommen entsprechen.

Dieses Ziel hat man bisher hauptsächlich auf rein empirischem Wege angestrebt. Aber viele Vorgänge im Verbrennungsmotor sind so verwickelt, daß die Zerlegung der Aufgabe in Einzelpunkte und die Anwendung physikalischer Methoden rascheres Vorwärtskommen verspricht. Vor allem ist unsere Kenntnis über die Verbrennung im Motor noch recht mangelhaft. Erscheinungen, wie das Klopfen, die man zwar technisch in einem gewissen Maße beherrscht, über deren Entstehung aber die verschiedensten Vermutungen umlaufen, und der Einfluß der Strömungen im Zylinder bedürfen gründlicher Untersuchung.

Chemische Vorgänge, wie die Bildung von Zwischenverbindungen und katalytische Erscheinungen, haben anscheinend auch großen Einfluß auf den Ablauf der Verbrennung. Beim Anlassen und bei kaltem Motor ist im Zylinder der Brennstoff in der Form eines Nebels enthalten, der wahrscheinlich in andrer Weise verbrennt, als wenn Brennstoffdampf mit Luft gemischt ist. Auch der Vorgang der elektrischen Zündung ist trotz der hervorragenden technischen Entwicklung der Zündvorrichtungen noch ziemlich dunkel. Die Größe und die Mittel zur Vermeidung der Verluste durch Verbrennung des Gemisches an hoch erhitzten Teilen der Zylinder während des Ansaugens und Verdichtens und durch Nichtverbrennen oder Nachbrennen in der Grenzschicht nahe an den Zylinderwandungen, müssen durch Versuche klargestellt werden.

Der Liefergrad der Motoren hat auf die erzielbare Höchstleistung einen sehr großen Einfluß. Außerdem läßt sich daraus, da Fahrzeugmotoren fast immer mit Brennstoffüberschuß arbeiten, der wirkliche thermische Wirkungsgrad des Motors häufig verläßlicher als aus dem Brennstoffverbrauch bestimmen. Eine Motoruntersuchung ist daher ohne Messung der angesaugten Luftmengen unvollständig.

Mit den Strömungsverhältnissen in der Saugleitung hat man sich noch wenig planmäßig beschäftigt; sie sind nicht nur für den Liefergrad wichtig, sondern beeinflussen die Änderung der Zusammensetzung des Gemisches zeitlich und örtlich; besonders bei Mehrzylindermaschinen hängt aber die gleichmäßige Belastung der einzelnen Zylinder von der Gleichmäßigkeit des zugeführten Gemisches ab. Auf Ungleichmäßigkeiten des Gemisches dürfte es auch hauptsächlich zurückzuführen sein, daß man bei Mehrzylindermotoren immer mit größerem Brennstoffüberschuß arbeiten muß, also bei ähnlich gebauten Einzylindermaschinen.

Für den Fahrbetrieb sind leichtes Anlassen, Beschleunigungsvermögen und Verhalten des Motors bei Änderungen der Belastung mindestens ebenso wichtig, wie vollkommene Brennstoffausnutzung. Amerikanische Versuche haben teilweise schon die Eigenschaften der Brennstoffe aufgeklärt, die für befriedigendes Verhalten des Motors bei allen Temperaturen notwendig sind. In Gegenden mit starken Temperaturunterschieden verwendet man für Winter- und Sommerbetrieb zweckmäßig Brennstoffe von verschiedener Flüchtigkeit. Auch die Bauart des Motors, besonders der Ansauganlage mit Vergaser, ist für das Verhalten beim Anlassen und bei Belastungsänderungen von Bedeutung. Eine klare Einsicht in den Vorgang der Vergasung und Vernebelung und in die Strömungs- und Wärmeverhältnisse des Gemisches bis zur Zündung würde wahrscheinlich manche Verbesserungen zur Folge haben, ein Studium der Ausströmung eine, wenn auch geringe Erhöhung der Motorleistung und bessere Schalldämpfung mit sich bringen. [N 469]

[1]) Auszug aus dem Vortrage von Dr.-Ing. Richter, Wien, in der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" der 66. Hauptversammlung, vergl. S. 765, 775 und 808 dieses Heftes.

[2]) „Schnellaufende Verbrennungsmaschinen", Berlin 1926.

Das Holz als Werkstoff[1])

Ein Viertel der Fläche Deutschlands ist mit Wald deckt. Die Eigenerzeugung in Deutschland genügt je nicht, um den Holzbedarf unsrer Volkswirtschaft zu de Vor dem Krieg überstieg der jährliche Bedarf die E erzeugung um rd. 14 Mill. m³ bei einer Gesamtwaldfl von 14,2 Mill. ha. Am jährlichen Ertrage fehlte also bezogen auf 1 ha Waldfläche. Wie sich gegenwärtig E erzeugung, Verbrauch und Einfuhr stellen, kann man genügender Statistik nicht genau gesagt werden.

Es ist anzunehmen, daß mit Besserung der Wirtsch lage auch in Deutschland der Holzbedarf wieder w steigen wird, wie er es vor dem Kriege getan hat. auch die Holzerzeugung wird in gewissen Grenzen zuneh Denn gegenwärtig sind die Möglichkeiten der Holzer gung, die die deutsche Waldwirtschaftsfläche an sich bi noch nicht voll ausgenutzt. Die durchschnittliche I erzeugung Deutschlands, bezogen auf 1 ha Waldfläche, trug vor dem Krieg etwa 3,4 m³ jährlich. Die nachha Steigerung des jährlichen Ertrages um 1 m³, dieses Ku meters, das vor dem Kriege zur Deckung des Beda fehlte, steht durchaus im Bereich des Möglichen, wenn für Aufforstung ungenügend bestockter Flächen und höhere Zuwachsleistung unsrer Wälder sorgen.

Dem Holz im Walde soll Feinringigkeit anerzo werden; erst nach Bildung eines genügend langen reinen Schaftes soll dann lebhafter Stärkenzuwachs diesem astreinen Stamm folgen. Möglichst weitgehende F ringigkeit wird fast für alle unsre Holzarten gefordert, Ausnahme bilden nur einige Laubhölzer, z. B. die Esche

Bei Kiefer und Fichte, unsern wichtigsten Nadelhölz und den Laubhölzern, für die Feinringigkeit verlangt w läßt sich die gleichmäßige Feinheit der Jahrringe nur Kosten der Massenerzeugung erreichen, namentlich w die Feinringigkeit auch für große Stärken, also bis hohe Alter der Stämme hinein, erreicht werden soll. D Forderung wird derart zu beschränken sein, daß man mit Erziehung von feinem Kern und Astreinheit begn und an diesem feinringigen astreinen inneren Stamms dann einen schnelleren äußeren Holzzuwachs erreicht.

Die Ablängung des Holzes im Walde, d. h. die teilung des liegenden Stammes nach Verwendungszwe für die einzelnen Stammteile, läßt sich dahin zusamm fassen, daß im allgemeinen die Stämme möglichst ausgehalten werden, „lang liegen bleiben" sollen; d wird der weiteren Verwendungsmöglichkeit für das R holz am wenigsten vorgegriffen. Diese Regel bedarf je gewisser Einschränkungen, beim Laubholz mehr als b Nadelholz. Beim Nadelholz, namentlich bei Kiefer Fichte, wird man im allgemeinen das Langliegenlassen zu einer bestimmten Zopfstärke durchführen können. Ei Bauholzzopf sollte man an einem sonst besseren Stück Na holz nicht ablängen, weil man ja Maße und Verwendu zweck des betreffenden Käufers nicht kennt, also unter ständen durch das Zerschneiden das Holz wesentlich wertet. Beim Laubholz wird man vielfach eine Dreiteil des Stammes von vornherein vornehmen können, indem in seiner Länge zweifellos feststehendes unteres, beson wertvolles Stammende sich meist deutlich von einem ästi werdenden Mittelstück und dieses von einem Zopfstück hebt. In Zweifelsfällen sollte man auch hier den Sta lang liegen lassen.

Der Sägewerkleiter nimmt dann auf dem Rundholzp eine weitere Zerteilung des Stammes nach seinen V wendungszwecken — meist in drei, aber auch mehr schnitten — vor; sie ergeben, wenn der Stamm überha für Brettereinschnitt in Frage kommt, die Stammware unteren Stammstück, die Mittelware und die Zöpfe.

Besonders derbe Stücke geben Balken, Kantholz (d. Balken geringerer Ausmaße), Schwellen und ähnlich Besonders wertvolle Laubholzstücke, namentlich Ei werden für Furnierzwecke verwendet.

Der Einschnitt erfolgt durch Vollgatter, durch Wa rechtgatter, an der Blockbandsäge, Kreissäge usw. Bretter werden nach bestimmten Handelsgebräuchen stapelt und verkauft. Der Holzhandel zerfällt in Großhan Platzhandel und Kleinhandel; durch ihn erfolgt die G derung und Weiterverteilung des Holzes an die Holz v brauchenden Gewerbe. [N 409

[1]) Auszug aus dem Vortrage von Oberförster Dr. Hausendo in der Fachsitzung „Betriebstechnik" der 66. Hauptversammlung, v S. 746 und 797 dieses Heftes.

Der Luftspeicher-Dieselmotor von Robert Bosch, A.-G.

Von Prof. Dr.-Ing. R. Stribeck, Stuttgart

Vorgetragen in der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927

Allgemeiner Aufbau des Acro-Motors. Durch die Untersuchungen, die hauptsächlich auf Temperaturmessungen beruhen, wird ein Bild der inneren Vorgänge gewonnen. Die wichtigsten Eigenschaften, besonders in Hinsicht auf ihre Bedeutung für schnelllaufende und Kraftwagen-Motoren.

Äußerlich betrachtet ist das Eigenartige des Acro-Motors der dreigliedrige Verdichtungsraum. Bei der Ausführung nach Abb. 1 befindet sich der eine [Te]ilraum *a* als Höhe im Kolben. Sie steht durch ein [Lo]ch in Verbindung mit dem Teilraum *b*, der einen [Tr]ichter bildet. An dessen weitere Öffnung schließt sich [Ra]um *c* an. Dieser wird durch die einander zugekehrten [Ob]erflächen von Kolben und Zylinder begrenzt. Einen [be]stimmten Inhalt hat dieser Teilraum nur bei der [äu]ßeren Kolbentotlage. Bei jeder andern Kolbenstellung [ist] er um den Kolbenwegraum erweitert. Der Brennstoff[str]ahl ist gegen den Raum *b* gerichtet.

Diese Raumgliederung und Anordnung ist von [Fr]anz Lang in München in jahrelanger Arbeit all[mä]hlich entwickelt worden. Die betreffenden Patente sind [Ei]gentum der Acro-A.-G. in Küßnacht a. R. (Schweiz). Die [Fi]rma Robert Bosch, A.-G. in Stuttgart hat die General[liz]enz an diesen Patenten erworben.

Die technische Oberleitung dieser Firma hat mir im [No]vember 1926 angetragen, an der Weiterentwicklung der [Ma]schine mitzuwirken. Ich erblickte meine erste Auf[ga]be darin, nach Sinn und Zweck der geschilderten [Ra]umgliederung zu forschen. Das war an der Zeit, da er[fah]rene Diesel-Fachleute schon die Behauptung aufgestellt [hat]ten, die Maschine gehöre zu den Vorkammermotoren und [fall]e in wesentlichen Zügen unter Patente andrer Firmen. [Die]se Auffassung wird vielleicht durch eine auf Franz [La]ng zurückgehende Patentanmeldung gestützt, in der [der] Raum *a* als zusätzlicher Verbrennungsraum be[zei]chnet war.

Nach Nägel[1]) ist ein entscheidendes Wesensmerk[mal] der Vorkammer-Dieselmaschine eine kräftig [wir]kende Drossel zwischen Vorkammer und Verdich[tun]gsraum des Arbeitzylinders. Der diese beiden Räume [ver]bindende Kanal hat einen so engen Querschnitt, daß [sic]h durch die Teilverbrennung in der Vorkammer ein [betr]ächtlicher Überdruck einstellt. Auf dieses maß[geb]ende Merkmal hat sich der Vergleich älterer Motoren [mit] dem neuen Motor zu beziehen. Er läßt sich schon [an]der Hand der vorliegenden Maßangaben treffen; un[mitt]elbarer und überzeugender kommt der Unterschied [zu]m Ausdruck in den Versuchsergebnissen über den Ver[bre]nnungsvorgang.

Versuche am Acro-Motor

Die Versuche wurden an einer Viertaktmaschine mit [ei]nem Zylinder von 125 mm Dmr. und 180 mm Hub und [...]facher Schubstangenlänge angestellt, deren normale [Dre]hzahl 800 Uml./min betragen sollte. Der Motor ist [dur]ch Umbau eines Dieselmotors andrer Art entstanden,

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 778.

Abb. 2
Acht Punkte auf der Meßgeraden, an denen der Temperaturverlauf mit feinen Thermoelementen gemessen wurde

0
10
20
30 (Pforte)
40
50
60
70

Abb. 1
Dreigliedriger Verdichtungsraum des Acro-Motors
a Teilraum für die Verdichtung im Kolben
b mittlerer Teilraum (Trichter)
c äußerer, veränderlicher Teilraum
d Pforte zwischen *a* und *b*

b c d a

wobei außer Brennstoffpumpe und Düse der Kolben und der Deckel ersetzt wurden. An Ventilen und Steuerung wurde nichts geändert. Bei freiem Entwurf hätte Besseres entstehen können. Aber für die Untersuchungen über den Verbrennungsvorgang war die Maschine brauchbar. Ein Mangel, der zuweilen störende Erscheinungen zur Folge hatte, war, daß Brennstoffpumpe und Düse den Verhältnissen des Motors noch nicht angepaßt, sondern zur Erprobung erst kurz vor Beginn der Versuche angebracht worden waren.

Bei einem Hubraum von 2209 cm³ betrug der Verdichtungsraum 140 cm³, davon entfallen auf die

Räume	*a*	*b*	*c*	
	98	10	32	cm³ oder
	70	7	23	vH des Verdichtungsraums.

Für Raum *b* sei die Bezeichnung Trichter gewählt. Das Loch *d* zwischen den Räumen *a* und *b* sei von nun an Pforte genannt; es hat 1,17 cm² engsten Querschnitt.

Die ersten Versuche bezweckten, den Druckunterschied zwischen den Räumen *a* und *c* zu messen. Dazu diente ein Dosenmanometer mit einer kreisförmigen, am Umfang eingespannten Federplatte aus Metall. Von den tunlichst klein bemessenen Räumen zu beiden Seiten der Federplatte waren durch je ein Röhrchen der eine an Raum *c*, der andre an den Kolbenhohlraum *a* angeschlossen. Das Röhrchen zu diesem wurde durch die Pforte eingeführt und ragte bei Kolbentotlage noch 40 mm in den Raum *a* hinein. Die Durchbiegung der Federplatte wurde stroboskopisch mit Hilfe eines bei bestimmten Kurbelstellungen ausgelösten elektrischen Funkens ermittelt. Die so beobachtete Drucklinie steigt beim Eintauchen des Röhrchens in Raum *a* und schon etwas vorher zunächst stetig an, erreicht bei etwa 20° Kurbelwinkel vor dem Totpunkt ihren Scheitel und nimmt weiterhin stetig ab, um bei Totlage oder schon vorher in steile Schwingungen überzugehen. Das Verständnis für diese Erscheinung wird durch die Ergebnisse der Versuche über den Verbrennungsvorgang erleichtert. Die Drucklinien sollen deshalb im Zusammenhang mit diesen Versuchen ausgewertet werden.

Dieser zweite und wichtigere Teil der Untersuchung beruht hauptsächlich auf Temperaturmessungen. Um den Raum *a* zu erfassen, haben wir das Thermoelement durch die Pforte eingeführt. In Abb. 2 ist die Lage der einzelnen Meßstellen angegeben. Sie liegen in einer Geraden, die nahe an und parallel der Zylinderachse verläuft. In Übereinstimmung mit ihrem Abstand in Millimetern vom Deckel sind die Meßstellen und die Thermoelemente mit 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 und 70 bezeichnet. Meßstelle 70 befindet sich also bei Kolbentotlage 40 mm unter der Pforte. Die Temperaturmessung erstreckt sich somit bis zum Kolbenweg 40 mm auf alle drei Räume. Das reicht zur Erfassung der wichtigsten Vorgänge aus. Im Trichter verweilt das Thermoelement 70 während einer weiteren Wegstrecke von 28 mm, also bis zum Kolbenweg 68 mm. Die Meßeinrichtung hat mein Mitarbeiter Dr.-Ing. Brauburger ausgearbeitet, der auch nachstehende Beschreibung verfaßt hat.

Einrichtung zum Messen des Temperaturverlaufs

Über die Messung rasch wechselnder Gastemperaturen im Zylinder eines Benzinmotors hat Dr.-Ing. A. Petersen Versuche durchgeführt[2]). Die Meßeinrichtung bestand in der Hauptsache aus Platin-Platinrhodium-Thermoelementen von verschiedener Drahtdicke, einem dünnen Platin-Iridium-Bolometer und einem eigens für die Versuche hergestellten Saitengalvanometer von Edelmann.

Petersen kam zu dem Ergebnis, daß Bolometer von 0,02 mm Dmr. am besten für die Messung geeignet sind. Mit Thermoelementen aus Drähten von 0,02 mm Dmr. erhielt er weniger gute Temperaturdiagramme und schloß daraus auf größere Trägheit des Thermoelements. Der Bericht enthält einen Hinweis auf die durch Strahlung zwischen Thermoelement und Zylinderwänden oder Kolbenflächen verursachten Meßfehler (die bekannte Schwierigkeit bei der Messung von Gastemperaturen), macht aber keine Angaben über die Größe dieser Fehler.

Wir haben für unsere Versuche im wesentlichen die Anordnung von Petersen beibehalten, uns aber auf die Verwendung von Thermoelementen beschränkt, weil auch räumliche Temperaturunterschiede verfolgt werden sollten, wofür sich die kleine Schweißstelle eines Thermoelements besser eignet als der lange Bolometerdraht. Da ein Saitengalvanometer oder ein anderes Gerät von ausreichender Empfindlichkeit nicht zur Verfügung stand, mußten wir die Thermokraft durch Elektronenröhren verstärken, wie es bei der Wellentelephonie üblich ist (Widerstandverstärker). Die verstärkte Thermokraft konnte dann mit einem gewöhnlichen Siemens-Oszillographen gemessen werden.

Diese Anordnung hat den Vorteil, daß die hohe Empfindlichkeit nicht durch eine niedrige Eigenschwingungszahl erkauft zu werden braucht, die für die verzerrungsfreie Wiedergabe rascher Temperaturänderungen sehr nachteilig wäre. Wie sich bei den späteren Messungen ergab, vollziehen sich Anstieg und Abfall der Temperatur bei den Verpuffungspitzen in ungefähr $^1/_{150}$ s, was einer Schwingungszahl von 150 in der Sekunde entspricht. [...] gegenüber ist die Eigenschwingungszahl 140 des [...] mannschen Saitengalvanometers äußerst knapp bemes[sen;] das Galvanometer könnte solche Spitzen nicht mehr [ein]wandfrei wiedergeben. Der für unsere Messungen [be]nutzte Oszillograph hat eine Eigenschwingungszahl [von] 1500 und folgt deshalb auch sehr raschen Änderun[gen,] so daß in dieser Beziehung keine Fehler zu [be]fürchten sind.

Weniger günstig liegen die Verhältnisse für [das] Thermoelement, dessen Trägheit und Wärmestrahl[ung] nicht ganz beseitigt werden konnten. Der Fehler inf[olge] Wärmestrahlung läßt sich nur durch einen künstlich [ge]heizten Strahlungsschutz oder durch Vorbeiführen [der] zu messenden heißen Gase am Thermoelement mit [...] hoher Geschwindigkeit unschädlich machen. Der [ge]heizte Strahlungsschutz scheidet für unsere raschen T[em]peraturwechsel aus, weil eine derart rasche Ände[rung] der Heizung praktisch nicht durchführbar ist. Dag[egen] zeigte sich bei den Versuchen, daß hohe Gasgeschwin[dig]keiten schon durch die Vorgänge im Zylinder bed[ingt] werden. Die Strömung war besonders beim Anlassen [des] Motors so heftig, daß die dünnen Thermoelemente [...] dem Einbringen fast augenblicklich weggeblasen wur[den.]

Die Trägheit der Thermoelemente hängt von [der] Größe des geschweißten Knotens ab. Unsere ersten [Ele]mente hatten Knotendurchmesser vom vier- bis fünffa[chen] der Drahtdicke. Nach längeren, allerdings sehr mühsa[men] Versuchen ist es gelungen, aus Drähten von 0,04 [bis] 0,05 mm Thermoelemente zu schweißen, deren Knoten [nur] um 5 bis 30 vH dicker waren als die Drähte. Mit [noch] dünneren Drähten (0,02 mm) konnten keine nennensw[erten] Verbesserungen mehr erzielt werden; die klein[sten] Knoten hatten dann immer noch 0,05 mm Dicke.

Für die eigentliche Messung haben wir deshalb [...] noch Drähte von 0,04 bis 0,05 mm benutzt. Ein merkli[ches] Nachhinken der Temperaturangaben trat bei sol[chen ...]

[2]) Forschungsarbeiten Heft 143.

Abb. 4 und 5
Einsatz für das Thermoelement

a Einführröhre
b auswechselbarer Einsatz
c Asbestdichtung
d Gummidichtung
e Quarzrohr
f Glasrohr
g Kitt

Abb. 3
Schaltbild der Meßanlage

lementen auch bei den raschen Temperaturspitzen nicht
ehr auf. Zieht man noch in Betracht, daß auch die
ärmestrahlung wegen der außerordentlich raschen Be-
egung der Gase keine erheblichen Fehler verursachen
ann, so ist die Brauchbarkeit der Messung für die vor-
egenden Zwecke gesichert, auch wenn der Einfluß der
rahlung zahlenmäßig nicht nachgewiesen wird.

Die Schaltung der Meßanlage ist aus Abb. 3 zu er-
hen. Für die Verstärkung wurden vier Röhren in
iderstandschaltung verwendet. An das Gitter der ersten
öhre wird in bekannter Weise das Thermoelement an-
eschlossen und der Oszillograph in den Anodenkreis
r vierten Röhre geschaltet. Die ganze Verstärkeranlage
it Batterien und Zuleitungen vom Thermoelement ist
m Schutz gegen äußere Störungen in ein sorgfältig
erdetes Blechgehäuse und in Metallröhren ein-
eschlossen.

Durch die Verstärkeranlage wird dem Thermoelement
ein Strom entnommen, vielmehr nur seine elektro-
otorische Kraft in einem bestimmten Verhältnis ver-
rößert. Vermöge der Wirkungsweise und besonderen
igenart der Röhren lagert sich jedoch über die ver-
ärkte elektromotorische Kraft noch eine gleichbleibende
pannung, so daß die verstärkte Gesamtspannung beim
alten Thermoelement nicht auf null zurückgeht. Um trotz-
m die Empfindlichkeit des Oszillographen voll auszu-
tzen, haben wir diese konstante Spannung durch eine
egenschaltung ausgeglichen, die so eingeregelt ist, daß bei
altem Thermoelement kein Ausschlag entsteht, daß also
r Oszillograph nur die Temperaturänderungen in bezug
uf die Raumtemperatur anzeigt.

Da weder die Beziehung zwischen Thermokraft und
emperatur noch die Verstärkung genau gradlinig ver-
ufen, müssen die Oszillogramme zur Auswertung erst
ch der E i c h l i n i e umgezeichnet werden. Die Eichung
folgte jeweils vor und nach der Messung durch An-
gen einer regelbaren und genau gemessenen gleichbleiben-
n Spannung an Stelle des Thermoelements.

Zum Einführen der Thermoelemente wurde im Deckel
les Zylinders eine Führungsröhre a mit Hülse und
ellschraube angebracht, Abb. 4 und 5. In diese wird ein
swechselbarer Einsatz b mit dem Thermoelement ein-
führt, durch eine einfache Stopfbüchse abgedichtet und
ährend der Messung mittels der Stellschraube nach Be-
rf verschoben. Die Isolierung und Abdichtung der
ermoelementdrähte in den Einsatzröhren machte erheb-
he Schwierigkeiten, und sie gelang erst durch Verlegen
r Dichtungsstelle an das äußere kalte Ende des Ein-
zes. Zur Isolierung dienen im äußeren Ende des Ein-
zes zwei Glasröhren, für die übrige Länge zwei dünne
arzröhren. Die Röhren sind in den Einsatz mit Zünd-
rzenkitt luftdicht eingesetzt. Die Zuführdrähte von
0 mm Dmr. aus Platin und Platinrhodium werden durch
d Röhren gezogen und am unteren Ende werden die
entlichen dünnen Drähte des Thermoelements ange-
weißt. Nach dem Schweißen der Verbindungsstellen
ul des Knotens werden die Zuführdrähte so weit zu-
rkgezogen, daß der Knoten nur etwa 5 mm über das
hrende hervorsteht, und die Glasröhren am oberen Ende
zgeschmolzen.

Der Verbrennungsvorgang

Wegen der geringen Widerstandfähigkeit der Thermo-
mente wurde für die erste Versuchsreihe die Drehzahl
Uml./min gewählt. Spätere Versuche bei 600 Uml./min
tten ebenfalls Erfolg; dagegen gelangen bei 800 Uml./min
n einige Aufnahmen. Jede Aufnahme stellt den zeitlichen
lauf der Temperatur des Thermoelements für eine Meß-
lle und, weil sie auch eine Marke für die Kurbeltot-
la enthält, zugleich die Abhängigkeit zwischen Tem-
atur und Kurbelwinkel dar. Vom Kurbelwinkel kann
n auf den Kolbenweg schließen und so für jeden be-
m kenswerten Punkt der Temperaturlinien die Lage der
ßstelle gegenüber dem Kolben, insbesondere gegenüber
de Pforte oder dem oberen Trichterrand, angeben.

In Abb. 6 bis 8 sind drei Aufnahmen während des
Arbeitshubes für die Meßstellen 20, 30 und 40 wieder-
geben. In der Kolbentotlage liegt Meßstelle 30 gerade
in der Pforte, Meßstelle 20 liegt 10 mm über und Meß-

Abb. 6 bis 8
Temperaturaufnahmen für die Meß-
stellen 20, 30 und 40 während des
Arbeitshubes bei $n = 400$ Uml./min
und $p_i = 4{,}8$ at

stelle 40 liegt 10 mm unter der Pforte. Durch Umzeichnen
dieser Aufnahmen auf einheitlichen Maßstab erhält man
sinngemäß zusammengelegt Abb. 9. Sie mag als Beispiel
für die Erörterung der Temperaturlinien dienen.

M e ß s t e l l e 20: Etwa 6° Kurbelwinkel vor dem Tot-
punkt hört die Verdichtungslinie auf, und die Temperatur
steigt nun rasch aber stetig von rd. 500° auf 1430°. Der
Gipfel in Gestalt einer Spitze wird beim Kurbelwinkel 33°,
entsprechend 18 mm Kolbenweg, erreicht. Das Thermo-
element ist jetzt am oberen Rand des Trichters angelangt.
Der Austritt aus dem Trichter prägt sich in der Tempera-
turlinie aus. Weiterhin verläuft sie flach und fällt bis zu
70° Kurbelwinkel oder 70 mm Kolbenweg nur um 130°.
Der weitere Verlauf bietet nichts Bemerkenswertes.

M e ß s t e l l e 30: Auch hier setzt bei 6° Kurbel-
winkel vor dem Totpunkt ein steiler Anstieg der Tempera-
tur ein. Er wird aber schon bei 1130° plötzlich unter-
brochen und durch einen ebenso jähen Temperatursturz
abgelöst. Die schroffe Umkehr erfolgt bei 10° Kurbel-
winkel. Der zugehörige Kolbenweg beträgt 2 mm, ebenso-
viel wie jetzt das Thermoelement über der Pforte steht.

Abb. 9
Die Aufnahmen von Abb. 6 bis 8 in einheit-
lichem Maßstab und sinngemäß
zusammengestellt

Abb. 10
Verlauf der Temperaturen an allen acht Meßstellen

Abb. 11
Verlauf der Temperatur auf de Meßstrecke für verschiedene Kol benstellungen. Anschwellen de Zone der hohen Temperaturen

Aber schon bei 17° Kurbelwinkel, wobei sich die Meßstelle 5 mm über der Pforte befindet, schlägt der Temperaturverlauf wieder plötzlich um. So schnell, wie sie zuvor abgenommen hat, erhebt sich nun die Temperatur zwischen 5 und 21 mm Kolbenweg von 980 auf 1360°. Der weitere Verlauf ist ähnlich wie bei Meßstelle 20.

Was besagen diese Linien über den Verbrennungsvorgang? Während des Arbeitshubes beeinflussen Verbrennung und Ausdehnung durch die Raumvergrößerung überwiegend das Steigen und Fallen der Temperatur. Steiler Temperaturanstieg bedeutet, daß sich das Thermoelement in einer Zone der Verbrennung befindet. Sehr hohe Temperaturen — gemessen wurden bis zu 2100° — treten nur dort auf, wo Brennstoff und Luft in günstigem Verhältnis gemischt sind.

Weniger schroff wirkt die Abkühlung durch die Ausdehnung. Während nach unseren Aufnahmen in einzelnen Fällen die Temperatur auf 10° Kurbelwinkel durch Verbrennung um 500, sogar um 1000° und noch mehr erhöht wurde, kann die durch die Ausdehnung verursachte Abkühlung innerhalb des gleichen Drehwinkels ungefähr 100° nicht überschreiten. Diese Abkühlung kann also den jähen Temperaturabfall an der Meßstelle 30 nicht erklären, der anhielt, während sich die Meßstelle zwischen 2 und 5 mm über der Pforte befand. Dieser Abfall kann nur durch den Zutritt kälterer Gase verursacht sein.

Die Antwort auf die Frage, woher solche Gase kommen, gibt Abb. 9 und noch vollständiger Abb. 10, die alle acht Meßstellen umfaßt. Zur Zeit der raschen Abkühlung des Thermoelements 30 ist an den darüber liegenden Meßstellen 20, 10 und 0 die Verbrennung im Gang, und die Temperaturen sind dort höher; an den tiefer gelegenen Meßstellen 40, 50, 60 und 70, die sich alle noch im Raum *a*, Abb. 1 befinden, sind dagegen die Temperaturen niedriger als an der Meßstelle 30. Die abkühlenden Gase können somit nur aus dem Raum *a* zuströmen.

Wie ein Blick auf Abb. 9 zeigt, wird auch an der Meßstelle 40 die Verbrennung durch kältere Gase plötzlich unterbrochen. Sie treten an das Theromelement schon bei weniger als 1 mm Kolbenweg heran und umspülen es bis zum Kolbenweg 18 mm. Hier gelangt das Thermoelement an eine Verbrennungszone, eine Flammengrenze. In diesem Augenblick befindet es sich 8 mm über der Pforte. Nach Abb. 10 gibt auch der Verlauf der Temperatur an der Meßstelle 50 zu einer solchen Betrachtung Anlaß. Nach vorheriger Abkühlung bis auf 530° überschreitet das Thermoelement die Flammengrenze 4 mm über der Pforte, nachdem der Kolben 24 mm zurückgelegt hat.

Da diese Aufschlüsse für das Verständnis des Vorganges bei der Verbrennung im Acro-Motor besonders wichtig sind, seien sie noch übersichtlich zusammengefaßt: Die Flammengrenze befindet sich,

wenn Meßstelle 30 bei ihr anlangt, 5 mm über der Pforte; gleichzeitig beträgt der Kolbenweg 5 mm,
wenn Meßstelle 40 bei ihr anlangt, 8 mm über der Pforte; gleichzeitig beträgt der Kolbenweg 18 mm,
wenn Meßstelle 50 bei ihr anlangt, 4 mm über der Pforte; gleichzeitig beträgt der Kolbenweg 24 mm.

Unterhalb der Flammengrenze befinden sich kält Gase. Sie strömen aus dem Raum *a* zu. Oberha der Flammengrenze herrscht vom Zündbeginn an V brennung. Die Flammengrenze ändert ihre Lage geg über der Pforte nur wenig, sie bewegt sich zwischen d Kolbenstellungen 5 und 24 mm mit dem Kolben abwär Über 1300° erhebt sich die Temperatur nur an den M stellen 0 bis 30. Diese Meßstellen liegen bei Kolbent lage im Trichter und am Deckel. Daß dort die Verbre nung vom Zündbeginn an ungestört verläuft und zu hohen Temperaturen führt, weist darauf hin, daß d zu Anfang und noch später das Gemisch von Brennst und Luft günstig ist.

Die Speisung der Flamme

Nachdem so festgestellt ist, welche Teile der M strecke die Flamme bestrichen hat, ist aufzuklären, w die Flamme gespeist wird. Über die Brennstoffzufuhr i wenig zu sagen. Die Düse schließt sich bei einem Ku belwinkel von ungefähr 15° hinter der Totlage. S schleudert den Brennstoff in den Trichter. Das Eige artige ist die Luftzufuhr. Bei dem sehr geringen Raur inhalt des Trichters kann man in ihm während eines langen Kolbenweges nur eine Flamme unterhalten, we man lebhaft Luft zuführt und die Abgase der Verbre nung abführt. Leicht einzusehen ist, daß die Abgas durch den saugenden Kolben in den Raum *c* abgezog werden. Die Luftzufuhr kann nur aus Raum *a* erfolge und Abb. 9 und 10 haben bereits ergeben, daß in diese Raum, abgesehen von der Störung, die schon bei 2 m Kolbenweg abgelaufen ist, keine Verbrennung stattfinde Im Raum *a* ist die für die Unterhaltung der Flamme e forderliche Luft aufgespeichert. Er ist deshalb Luf speicher genannt worden. Der Vorgang ist ähnlich wi bei einem Gebläsebrenner.

Das Bestreben, den geschilderten Vorgang anschau lich darzustellen, hat zu Abb. 11 geführt. Darin ist fü jede der Kolbenstellungen 0, 2, 5, 18 und 24 mm, vo denen bei den vorstehenden Betrachtungen ausgegange ist, der Verlauf der Temperaturen zwischen den äußer sten Meßstellen 0 und 70 dargestellt. Als Unterlage daz dient Abb. 10. Neben jeder Linie stehen zwei Marken Die schraffierte gibt die zugehörige Lage des obere Trichterrandes, die schwarze die Lage der Pforte an Man beachte besonders die Lage der schwarzen Marke gegenüber dem Steilanstieg der Temperaturen. Der Ab stand dieser Marke vom Steilanstieg entspricht der Ent fernung der Flammengrenze von der Pforte.

Die Linie für Kolbenstellung 0 ist nur aufgenommen weil man sie sonst vermissen könnte. Sie ist aber gan unsicher. Der Grund dafür ist, daß die Temperaturlinien

Abb. 12
Verlauf der Temperaturen auf der Meßstrecke für verschiedene Kolbenstellungen. Abnahme der Zone der hohen Temperaturen.

r die verschiedenen Meßstellen nicht gleichzeitig und ht einmal alle in kurzen Zwischenräumen aufgenom- n wurden, weil die Thermoelemente öfters rissen und dre Störungen an den Meßvorrichtungen vorkamen. enn man nun auch bemüht war, stets den gleichen Ein- itzbeginn einzuhalten, so besteht doch keine Gewähr ür, daß für die verschiedenen Meßstellen der Kurbel- nkel bei Zündbeginn immer derselbe war. Geringe weichungen führen aber bei den steil ansteigenden mperaturlinien zu großen Verschiebungen der zur lage gehörigen Temperaturen und damit zu einer starken Verzerrung der entsprechenden Temperaturlinie in Abb. 11. Um diesem Mangel einigermaßen entgegenzuwirken, hatten wir die dem Zündbeginn entsprechenden Punkte tunlichst zusammengerückt. Auch auf die Temperaturlinie für 2 mm hat dieser Umstand noch Einfluß, allerdings nur bezüglich der Meßstellen 0, 10 und 20, nicht aber bezüglich der Meßstelle 30.

Man darf aber aus Abb. 10 nicht schließen, daß die Entzündung an allen Meßstellen mit rasch einsetzender Verbrennung gleichzeitig erfolgte. Allerdings hätte man über den Zündort vielleicht auch dann keinen Aufschluß erhalten, wenn die Aufnahmen für die verschiedenen Meßstellen gleichzeitig erfolgt wären. M. E. sieht sich der Beginn der Verbrennung so an: Die Öltropfen fliegen bei ausreichend hoher Temperatur als leuchtende Kugeln durch die sauerstoffhaltigen Gase. Eine Flamme bildet sich nur aus, wo die Luft mit Ölnebeln oder mit Öldämpfen vermischt ist. Dabei pflanzt sich die Verbrennung von der Zündstelle aus mit einer Geschwindigkeit fort, die gegenüber der Kurbelgeschwindigkeit so groß ist, daß die Aufnahmen für die im Flammenbereich liegenden Thermoelemente Unterschiede, die auf den Zündort schließen lassen, nicht erkennen lassen.

Was wir zunächst wissen möchten, ist auch nur, ob die Zündstelle im Raum a liegt oder darüber, und diese Frage läßt sich beantworten. Es ist schon festgestellt und aus dem Verlauf der Temperaturlinie für die Kolbenstellung 2 mm in Abb. 11 deutlich zu ersehen, daß im

Abb. 13
Versuche bei $p_i = 3{,}3$ at: Verlauf der Temperaturen an den Meßstellen 20, 30 und 40 während des Arbeitshubes

Abb. 15 (rechts)
Versuche bei $p_i = 3{,}3$ at: Verlauf der Temperaturen auf der Meßstrecke für verschiedene Kolbenstellungen. Anschwellen der Zone der hohen Temperaturen.

Abb. 16 (rechts)
Versuche bei $p_i = 3{,}3$ at: Verlauf der Temperaturen auf der Meßstrecke für verschiedene Kolbenstellungen. Abnahme der Zone der hohen Temperaturen.

Abb. 14
Versuche bei $p_i = 3{,}3$ at: Verlauf der Temperaturen an allen acht Meßstellen

Abb. 17 bis 19
Versuche bei 600 Uml./min und
$p_i = 5{,}8$ at

Abb. 18
Anschwellen der Zone der hohen Temperaturen

Abb. 17
Verlauf der Temperaturen an allen acht Meßstellen

Abb. 19
Abnahme der Zone der hohen Temperaturen

Raum *a* nur in der Nähe der Pforte Verbrennung stattfindet und sich die Flammengrenze so schnell in den Trichter zurückzieht, daß sie schon nach 5 mm Kolbenweg um 5 mm über der Pforte liegt; ferner steigern die der Flamme aus dem Raum *a* nachfolgenden Gase die Temperatur der Flamme rasch und zu beträchtlicher Höhe, sie müssen also reich an Sauerstoff sein.

Das alles ist unvereinbar mit der Annahme, daß die Entzündung im Raum *a* erfolge, da in diesem Falle der Inhalt dieses Raumes durcheinandergewirbelt werden müßte. Zudem ist unwahrscheinlich, daß das Gemisch im Raum *a* zündfähiger sei als im Trichter. Somit kann nur im Trichter die Entzündung erfolgen. Aus dieser Einsicht läßt sich das sprunghafte Auftreten einer Flamme im Raum *a* leicht erklären.

Sobald die Verbrennung im Trichter einsetzt, steigt der Druck. Mit einem an den Raum *c* angeschlossenen Dosenmanometer für stroboskopische Ablesung haben wir eine Drucksteigerung von 30 auf 37 at innerhalb eines Kurbelwinkels von 6° ermittelt. Diese geringe Drucksteigerung weist auf einen raschen Druckausgleich zwischen den Räumen *b* und *c* und dem Luftspeicher hin. Dabei strömt in den Luftspeicher ein heißes brennbares Gasgemisch aus dem Trichter. Nach Abb. 9 stimmen während dieses Vorganges die Temperaturen im Trichter und in der Pforte nahezu überein. In der Nähe des Totpunktes ist die Drucksteigerung zu Ende. Der Überdruck wird jetzt vom Trichter in den Luftspeicher verlegt. Es beginnt die Ausströmung aus dem Speicher, voraus die heißen Gase und weiterhin fast unvermischte Luft. Damit ist die Störung des Temperaturanstiegs erklärt. Wir sind jetzt so weit, daß wir, ohne Widerspruch befürchten zu müssen, sagen können, der Luftspeichermotor rührt nicht an das Wesen der Vorkammermaschine.

Während Abb. 11 das Anschwellen der Temperatur in der heißen Zone veranschaulicht, gibt Abb. 12 ein Bild ihres Abflauens und ihres Zerfließens in der Richtung der Meßstrecke. Die Betrachtungen, zu denen diese Darstellung anregt, gewinnen an Bedeutung, wenn sie mit solchen über den Einfluß der Füllung verbunden werden.

Einfluß der Füllung

Um hierüber Anhaltpunkte zu gewinnen, haben wir bei der Drehzahl 400 Uml./min noch eine Versuchsreihe für den mittleren indizierten Kolbendruck $p_i = 3{,}3$ at angestellt. Die Aufnahmen sind in der gleichen Weise bearbeitet wie für $p_i = 4{,}8$ at, Abb. 13 bis 16. Alle Schlüsse, zu denen die erste Untersuchung geführt hat, werden durch die Ergebnisse dieser zweiten Versuchsreihe bestätigt. Was aus beiden über den Einfluß der Füll entnommen werden kann, findet man am schnells wenn man Abb. 11 und 15 sowie 12 und 16 vergleicht.

Wir fassen zunächst den Verlauf der Temperatu in der Nähe des Deckels und dann den Verlauf der T peraturen auf der dem Kolben zugewandten Seite Auge. Bei $p_i = 4{,}8$ at reicht die heißeste Zone in Totpunktstellung und noch bei Kolbenstellung 40 mm an den Deckel. Dagegen treten bei $p_i = 3{,}3$ at die hö sten Temperaturen in 20 bis 30 mm Abstand vom Dec auf. Noch auffälliger ist der Unterschied während Temperaturabnahme. Die Temperatur am Deckel betr

	bei $p_i =$	4,8	3,3
für Kolbenstellung	18 und 17 mm	1500	120
„ „	40 „	1450	95
„ „	70 „	1050	62

Zwar erstrecken sich die Messungen nur auf e Linie, und es sei daran erinnert, daß diese Linie auf d Wege des dem Luftbehälter entquellenden Gasstro liegt. Sie bieten aber doch Anhaltpunkte für die Fl menentwicklung und Strömungen quer zur Zylind achse. Wenn wie bei $p_i = 4{,}8$ at die Flamme beim A schwellen der Zone der hohen Temperaturen am Dec am heißesten ist, so wissen wir, daß sie dort noch ni erlischt, sondern sich am Deckel ausbreitet und daß he Gase nach der Zylinderwand und auch noch daran e lang strömen. Der Deckel führt viel Wärme ans Kü wasser ab. Bei niedrigeren mittleren Kolbendrücken die Flamme kürzer, auch weniger breit. Da der Ort, dem sich die Flamme entwickelt und die Ausdehnung Flamme in Länge und Breite von der Form und den A messungen des Trichters und vom Querschnitt der Pfo abhängt, können sie einigermaßen beeinflußt werd Ganz wird man nicht vermeiden können, daß bei größe Füllungen mehr Wärme an den Deckel abgegel wird.

Die dem Kolben zugekehrte Seite der heißen Z ist bei $p_i = 3{,}3$ at schärfer abgegrenzt als bei $p_i = 4{,}8$ Sie reicht hier tiefer und läuft bei Abnahme der Zone hohen Temperaturen allmählich aus. Hier zeigt sich a das Eigentümliche, daß die Temperatur nach 144 Kolbenweg höher als in der Kolbenstellung 70 mm Es mag sein, daß sich die aufsteigende Luft auf dem lä geren Weg, den sie von der entfernteren Kolbenstellu an zurückzulegen hat, mit mehr heißen Gasen vermisc Dazu mag kommen, daß Nachbrennen, das an dem Lu strom haftet, stattgefunden hat. Abb. 16 gibt zu ei solchen Betrachtung keinen Anlaß.

Abb. 20 bis 22
Versuche bei 800 Uml./min und
$p_i = 5,4$ at

Abb. 21
Anschwellen der Zone der hohen Temperaturen

Abb. 20
Verlauf der Temperaturen an den Meßstellen 0, 20 und 30

Abb. 22
Abnahme der Zone der hohen Temperaturen

Einfluß der Drehzahl

Um zu untersuchen, wie der geschilderte Vorgang ırch eine Änderung der Drehzahl beeinflußt wird, ıben wir noch den Temperaturverlauf bei 600 und 0 Uml./min aufgenommen, Abb. 17 bis 22. Wir halten ıs hauptsächlich an Abb. 18 und 21 und vergleichen sie t Abb. 11 und 15. Diese Bilder stimmen darin überein, ıß sich nach rd. 8 mm Kolbenweg die heiße Zone 30 mm f in den Zylinder hinein erstreckt und daß auch die ; dahin erreichten Höchsttemperaturen bei 400 und 0 Uml./min nicht sehr verschieden sind, allerdings ist e Höchsttemperatur bei 600 Uml./min, Abb. 17, auffällig ch. Die Höchsttemperaturen bei 8 mm Kolbenweg betragen:

bei n =	400	400	600	800	Uml./min
und p_i =	3,3	4,8	5,8	5,4	at
	1350	1300	1650	1370° C.	

Die Zeiten zum Durchlaufen des gleichen Kolbenvges verhalten sich wie 4 : 3 : 2. Die Flamme hat sich ıo bei 800 Uml./min doppelt und bei 600 Uml./min mehr ı eineinhalb mal so schnell entwickelt als bei 400 Uml./ n. Daraus wird man auch bei vorsichtigem Erwägen gern dürfen, daß bei den höheren Drehzahlen Verbrenıg und Wärmeentwicklung viel rascher verlaufen als 400 Uml./min. Ob diese Geschwindigkeit im geraden rhältnis zur Drehzahl zunimmt, wie es hier scheint, ob so weit auseinanderliegenden Drehzahlen wie 400 und 8 Uml./min die gleichen Brennstoffmengen innerhalb lselben Kurbeldrehung verbrennen, ist zunächst noch ie offene Frage. Es ist aber wohl der Mühe wert, sie ıklären, denn, wenn sie zu bejahen wäre, würde damit ie treffliche Eigenschaft des Motors aufgedeckt sein, die die Aussicht eröffnet, ihn auch für sehr viel höhere Drehzahlen verwenden zu können.

Abb. 23
Brennstoffverbrauch in Abhängigkeit von p_i für 400 und 800 Uml./min

Entgegenstehende Betriebserfahrungen sind mir nicht bekannt geworden. Der Versuchsmotor läuft bei allen Drehzahlen zwischen 200 und 800 Uml./min gleichmäßig ruhig und rauchfrei, von Leerlauf bis zur größten Belastung. Der Belastung ist eine obere Grenze durch das Auftreten von Rauch gezogen. Wenn das Öl bei allen Drehzahlen gleich gut verwertet wird, so muß das darin zum Ausdruck kommen, daß an der Rauchgrenze die Werte von p_i und der Brennstoffverbrauch für 1 PS_i bei verschiedenen Drehzahlen nahezu gleich sind. Hierzu ist folgendes festgestellt worden: An der Rauchgrenze ist

bei n =	200	400	600	800	Uml./min
p_i =	6,7	7,1	6,5	6,4	at[3])

Die Unterschiede sind gering, und nicht anders ist es beim Brennstoffverbrauch, wie Abb. 23 zeigt[3]). Die beiden Linienzüge für 400 und 800 Uml./min verlaufen gleich und sind in der Höhenlage nur wenig verschieden. Das Ergebnis, daß bei beiden Drehzahlen der Brennstoff nahezu gleich gut verwertet wird, gilt also für alle Werte von p_i zwischen 2 und 6,5 at.

Wie ist diese Anpassung der Verbrennung an die Drehzahl zu erklären? Wenn bei höherer Drehzahl die Verbrennung schneller vor sich gehen soll, so muß dem Brennraum die Luft schneller zugeführt werden. Sie muß mit größerer Geschwindigkeit aus dem Luftspeicher strömen. Tatsächlich wächst im Luftspeicher der Überdruck, von dem die Ausflußgeschwindigkeit abhängt, mit zunehmender Drehzahl. Die eingangs erwähnten Versuche zur Messung des Druckunterschieds zwischen den Räumen a und c geben hierüber Aufschluß. Allerdings eignen sich dazu nur die Aufzeichnungen für die Kurbelwege vor dem Totpunkt, weil weiterhin die Schwingungen der Federplatte des Dosenmanometers stören. Der Überdruck im Raume c beträgt demnach für den Kurbelwinkel 20° vor dem Totpunkt bei

n =	200	300	540	800	Uml./min
	0,2	0,28	0,75	1,8	at

Unter der Annahme, daß die Ausflußgeschwindigkeit der Quadratwurzel des Überdrucks proportional ist, ergeben sich folgende Vergleichswerte:

Verhältnis der Drehzahlen	0,25	0,38	0,68	1
Verhältnis der Ausflußgeschwindigkeiten	0,34	0,4	0,68	1

[3]) Diese Angaben über p_i und den Brennstoffverbrauch dürfen nicht zu einem Vergleich mit Motoren andrer Art benutzt werden; denn zur Zeit unserer Versuche waren noch nicht hinreichende Unterlagen gewonnen, um Motor, Oelpumpe und Düse im voraus für höchste Leistungen und geringsten Brennstoffverbrauch bemessen zu können. Sie mußten genommen werden, wie sie waren. Inzwischen sind mit andern Motoren gleicher Art günstigere Werte erzielt worden.

Die Einstellung der Brenngeschwindigkeit nach der Drehzahl findet hiernach ihre Erklärung darin, daß sich die Geschwindigkeit der dem Luftspeicher entströmenden Luft annähernd im gleichen Verhältnis wie die Drehzahl ändert. Diese selbsttätige Anpassung der Luftzufuhr an die Drehzahl ist die bemerkenswerteste Eigenschaft des Luftspeichermotors. Er erfüllt damit eine der wichtigsten Anforderungen an den Kraftwagenmotor in hohem Grade.

Um zu einem Zahlenwert für die Ausflußgeschwindigkeit der Luft zu gelangen, sei angenommen, daß bei 800 Uml./min und bei 20° nach der Totlage der Überdruck im Luftspeicher 1,2 at betrage, was nach den Überdruckmessungen ein wahrscheinlicher Wert ist. Dafür würde sich im Beharrungszustand bei der Gastemperatur von 700° rechnungsmäßig eine Ausflußgeschwindigkeit von rd. 150 m/s ergeben. Das 0,4fache davon für 300 Uml./min beträgt 60 m/s.

Um den Untersuchungen über den Einfluß der Drehzahl eine möglichst breite Unterlage zu geben, sollte auch noch eine vollständige Reihe von Aufnahmen bei 200 Uml./min durchgeführt werden, und um gleichzeitig den Verhältnissen beim Anlassen des Motors nahe zu kommen, wurde für p_i ein kleiner Wert gewählt. Was hierbei an Ergebnissen zu erzielen war, liegt in Abb. 24 und 25 vor. Alle Bemühungen, Aufnahmen für entferntere Punkte der Meßstrecke zu erzielen, scheiterten daran, daß die Thermoelemente alsbald rissen. Ursache ist wohl die scharfe Verbrennung, bei der die höchste Temperatur, die überhaupt gemessen wurde, auftrat; dadurch wurde die erwähnte Störung an der Pforte, die die Thermoelemente am stärksten beansprucht, auch sehr lebhaft. Aber soviel zeigen die Aufnahmen doch, daß die Bedingungen für die Verbrennung auch bei dieser sehr kleinen Drehzahl noch sehr günstig sind. Die Luftströmung zwischen den Räumen a und c reicht noch voll aus.

Messungen mit den trägen Thermoelementen

Die thermische Analyse wird durch die geringe Widerstandfähigkeit der feinen Thermoelemente sehr erschwert. Bei 800 Uml./min und bei Leerlauf mit 200 Uml./min gelangen Aufnahmen, bei denen die Elemente die Pforte zu durchfahren hatten, überhaupt nicht. Bei noch höherer Drehzahl wäre es vollends vergebliche Mühe gewesen, sie zu benutzen. Da sie aber zu wichtigen Aufschlüssen geführt haben, mochte man bei den weiteren Studien, insbesondre über günstigste Ausbildung der Innenräume, nicht ganz darauf verzichten. Man entschloß sich deshalb zu einem Versuch mit dickeren Drähten. Man maß dann allerdings eine stehende Temperatur statt der veränderlichen, auch nicht die mittlere Temperatur des Gases, denn sie konnte von der des Thermoelements stark abweichen.

Daß auch Aufnahmen mit trägen Thermoelementen nützlich sein können, beruht auf folgender Erwägung. Die heiße Zone, deren Intensität, Lage und Ausdehnung bei unserer Betrachtung eine Rolle gespielt hat, wandert nur wenig und bleibt im Bereich der Thermoelemente. Wenn Wärme an das Thermoelement auch nur übergeht, solange die Temperatur der Gase, die es umspülen, höher als die des Thermoelementes ist und sich deshalb die Wärmeaufnahme auf einen kleinen Teil des Viertakts beschränkt, so ist sie anderseits bei einer Abweichung der Temperatur nach oben so viel höher als die Wärmeabgabe bei einer gleichen Abweichung nach unten, daß die höheren Temperaturen selbst bei kurzer Dauer die Temperatur des trägen Thermoelements stark beeinflussen. Demnach durfte erwartet werden, daß Lage und Ausdehnung der heißen Zone auch mit trägen Thermoelementen ermittelt und über die Verteilung der Intensität ein annäherndes Bild gewonnen werden konnte.

Zur Erlangung näherer Aufschlüsse sind aus den Feinaufnahmen für 400 Uml./min die mittleren Temperaturen für die acht Meßstellen abgeleitet worden, und zwar für Arbeitshub, Ausschubhub und für den ganzen Viertakt. Abb. 26 und 27 zeigen das Ergebnis. In der Linie der Mitteltemperaturen für alle vier Hübe ist der Verlauf der Mitteltemperatur für den Arbeitshub noch deutlich ausgeprägt. Abb. 28 enthält neben den Mitteltemperaturen für den Viertakt die Temperaturanzeigen des trägen Thermoelements. Die Aufnahmen mit diesem entsprechen den Erwartungen. In den Linien für das träge Thermoelement ist die Lage der heißesten Zone schärfer ausgeprägt als in den Linien der wahren Mitteltemperatur.

Für das träge Thermoelement sind Drähte von 0,3 mm Dicke verwendet worden. Das Galvanometer kommt bei diesen Messungen nicht zur Ruhe. Es bewegt sich langsam zwischen zwei Grenzwerten hin und her, was zur zweilinigen Darstellung Anlaß gegeben hat. In unserem Falle sind die Mitteltemperaturen des trägen Thermoelements um ungefähr 40 vH höher als die mittleren Gastemperaturen; für andersartige Fälle ist das Verhältnis ein anderes. Ein lehrreiches Beispiel dafür bieten Aufnahmen, bei denen der Motor ohne Brennstoff mit 200 bis 800 Uml./min lief. Aufnahmen mit feinen

Abb. 24
Verlauf der Temperatur an den Meßstellen 0, 10 und 20

Abb. 24 und 25
Aufnahme bei 200 Uml./min

Abb. 25
Verlauf der Temperaturen auf der Meßstrecke. Anschwellen der Zone der hohen Temperaturen

Abb. 26
Belastung 1890 Watt, $p_i = 4{,}8$ at

Abb. 27
Belastung 810 Watt, $p_i = 3{,}3$ at

Abb. 26 und 27
Verlauf der mittleren Temperaturen auf der Meßstrecke für Arbeitshub, Ausschub und alle vier Hübe; $n = 400$ Uml./min

Abb. 28
Mit trägen Thermoelementen gemessene Temperaturlinien neben den mittleren Temperaturen für alle vier Hübe nach Abb. 26 u. 27

…ermoelementen bei 800 Uml./min ergaben als Endtem…ratur der Verdichtung 540° und als mittlere Tempera…r für den ganzen Viertakt 132°. Das träge Thermo…ement nahm in Deckelhöhe die Temperatur von 270° …d 40 mm davon entfernt die Temperatur von 310° an, …b. 29. Sie steigt zwischen diesen Meßstellen stetig an …d bleibt dann bis zu 70 mm Abstand vom Deckel …verändert.

Das ist so zu erklären: Jenseits der Meßstelle 30 …rchläuft das Thermoelement zweimal die Pforte, in der …Strömung am stärksten ist, diesseits der Meßstelle 30 …mmt die Geschwindigkeit der Gase jederzeit gegen den …ckel hin ab. Die Gastemperatur verläuft an allen …llen nahezu gleich. Unterschiede bestehen nur bezüg…li der Strömgeschwindigkeit. Bei den Temperaturen, … höher als die des Thermoelements sind, wird bei …ßerer Strömgeschwindigkeit mehr Wärme an das …rmoelement übergeführt und seine Temperatur daher …her. Der Einfluß der Strömgeschwindigkeit ist deshalb …onders groß, weil innerhalb des Meßbereichs die …ksten Strömungen im Gebiet der hohen Temperaturen …en.

Für die Richtigkeit dieser Erklärung spricht, daß die …peraturlinie des trägen Thermoelements um so höher …t, je größer die Drehzahl ist. Bei 200 Uml./min be…rägt seine Temperatur in Deckelnähe nur noch …9° und bei 150 Uml./min nur 180°. Die Er…nisse einer gleichen Versuchsreihe mit …m schnellaufenden Motor von 75 mm Zyl.-…r. und 120 mm Hub sind in Abb. 30 dar…ellt. Die Pforte steht bei der Totpunktlage …n 18 mm vom Deckel ab. Die Temperaturen …en zwischen 180° und 345°. Der volle …rschied ist auf die verschiedenen Ström…chwindigkeiten zurückzuführen. Da Strö…ngen schon auf die niedrigste Temperatur …fluß genommen haben, muß der auf die …ömungen entfallende Anteil bei der Höchst…peratur mehr als 165° betragen.

Wenn es in diesen Fällen möglich ist, den …fluß der Strömung in Temperaturgraden an…eben, so kann er für den mit Brennstoff …itenden Motor nur roh geschätzt werden. …bb. 28 ist dieser Einfluß nur wenig aus…ägt, weil die Drehzahl niedrig ist. Da…en tritt er in Aufnahmen bei sehr hoher …zahl deutlich hervor.

Diese Strömungen sind nun auch von Be…ung für die Selbstzündung. Sie soll ein…en, während sich der Kolben der Totlage nähert, solange also der Druck im Raume c größer als im Raum a ist. Der Überdruck setzt sich in Geschwindigkeit um. Diese ist an der Trichtermündung noch niedrig, nimmt aber innerhalb des Trichters zu und ist in Pfortennähe am höchsten. Zu keiner Zeit besteht Beharrungszustand, weil sich der Überdruck fortwährend ändert. Der Brennstoff wird nun in diese unruhig bewegten Gase eingespritzt und gelangt bei seinem Vordringen in immer lebhaftere Strömungen. Diese Verhältnisse sind für die selbsttätige Zündung überaus günstig. Da sich der Vorgang auf kleinem Raum abspielt, so ist im Augenblick der Zündung reichlich Öl vorhanden, und die Temperatur steigt rasch an.

Wenn es richtig ist, daß mäßige Geschwindigkeiten der Selbstzündung förderlich sind und große Geschwindigkeiten sie verhindern können, so wird der für die Selbstzündung günstigste Kurbelwinkel für verschiedene Drehzahlen verschieden groß. Der beste Voreinspritzwinkel wird mit zunehmender Drehzahl kleiner. Das wird durch die Erfahrung bestätigt. Bemißt man ihn bei einem Motor für stark veränderliche Drehzahl so, daß er für eine mittlere Drehzahl am günstigsten ist, so kann es vorkommen, daß der Motor bei der größten Drehzahl klopft. Deshalb hat sich der Einspritzbeginn im allgemeinen nach der höchsten Drehzahl zu richten.

Abb. 29
Temperaturanzeige des trägen Thermoelements bei Betrieb der Maschine ohne Brennstoff mit 200 bis 800 Uml./min

Abb. 30
Temperaturanzeige des trägen Thermoelements, aufgenommen an einer schnelllaufenden Maschine

Zusammenfassung

Ich bin von den äußerlichen Merkmalen des Motors, den drei zusammenhängenden Räumen, die in ihrer Gesamtheit den Verdichtungsraum bilden, ausgegangen. Die Untersuchungen haben den Sinn dieser Gliederung ergeben.

Durch die Untersuchungen ist der Trichter in den Vordergrund gerückt worden. In ihm finden die Entzündung und zum größeren Teile die Verbrennung statt. Die zur Unterhaltung der Flamme erforderliche Luft strömt ihr aus dem Behälter *a*, dem Luftspeicher, zu. Die Abgase nimmt der durch den Kolbenwegraum erweiterte Raum *c* auf, auch die Flamme reicht in ihn noch mehr oder weniger hinein.

Durch die Beschränkung der Verbrennung auf einen kleinen Teil des Verdichtungsraums ist es möglich geworden, während der ganzen Verbrennung eine reinliche Scheidung zwischen der sauerstoffreichen Verbrennungsluft und den Abgasen durchzuführen und hohe Verbrennungstemperaturen zu erreichen. Die Geschwindigkeit der die Flamme speisenden Luft ist nahezu proportional der Kolbengeschwindigkeit. Wird die Drehzahl geändert, so ändert sich im gleichen Verhältnis die Luftgeschwindigkeit. Diese selbsttätige Regelung der Luftzufuhr ist so vollkommen, daß selbst bei weit auseinanderliegenden Drehzahlen gleiche Ölmengen innerhalb gleicher Kurbelwinkel verbrannt werden können, wenn anderseits die Verbindungsgeschwindigkeit groß genug ist. Für hohe Verbindungsgeschwindigkeiten bestehen aber die günstigsten Vorbedingungen: hohe Temperatu und gute Durchmischung.

Diese beiden Züge: *Beschränkung der Verbrennung auf einen kleinen Teil de Verdichtungsraums und selbsttätige Anpassung der Luftzufuhr* (Geschwindigkeit de Luftstroms) *an die Drehzahl des Motor bilden seine wesentlichsten Merkmal Auf ihnen beruht seine Eignung fü hohe Drehzahlen und als Kraftwagenmotor.*

Über die Größe und Form der drei Räume ist nu noch wenig zu bemerken. Raum *c* (bei Kolbentotlage hat als Luftraum keine Bedeutung; für einen Verbrennungsraum hat er auch eine zu unglückliche Gestalt. D die Verbrennung aber schon vor der Totlage einsetz braucht man ihn zur Aufnahme der Abgase. Dafür i sein Inhalt aber noch mehr als groß genug, wenn ma ihn so klein macht, wie es andere Rücksichten irgend zu lassen. Der Trichter braucht nicht groß zu sein, abe seine Gestalt und besonders die Größe der Pforte, be größeren Motoren auch ihre Form, können nur an de Hand von Erfahrungen festgelegt werden. Den größte Teil der Luft soll der Luftspeicher aufnehmen. Sein In halt richtet sich dann nach dem Verdichtungsgrad, de man zur sicheren Zündung braucht. Es braucht wol kaum erwähnt zu werden, daß bei Steigerung der Drehzahl der Verdichtungsgrad nicht kleiner, sondern ehe größer zu wählen ist. [B 417]

Eisenschutz durch Anstrich [1])

Von den Verfahren, die für den Schutz des Eisens gegen Zerstörungen in Frage kommen, haben die Farbanstriche die größte Bedeutung, und von diesen wieder sind die bekanntesten die Leinöl-Anstrichfarben und die bituminösen Anstrichstoffe.

Im allgemeinen besteht ein fertiger *Ölfarbenanstrich* aus dem Grundanstrich und einem oder zwei Deckanstrichen. Der Grundanstrich hat vornehmlich die Aufgabe des eigentlichen Rostschutzes zu übernehmen, während der Deckanstrich die von außen her kommenden Einwirkungen abwehren soll. Von diesem Gesichtspunkt aus hat man die Wahl der jeweils für die einzelnen Anstrichstoffe geeigneten Farbkörper vorzunehmen.

Neben den Ölfarbanstrichen spielen auch die *bituminösen Anstriche* eine wesentliche Rolle. Die Rohstoffe, die im allgemeinen aus Naturasphalt oder Steinkohlenteerpech als Grundlage und leichten Steinkohlenteer-Destillaten als Lösungsmittel bestehen, sind einheimische Erzeugnisse, so daß sie vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet ein außerordentlich wertvoller Anstrichstoff sind.

Derartige Anstrichstoffe sind, wenn sie sorgfältig hergestellt werden, ein ausgezeichnetes Rostschutzmittel für Innenanstrich der Eisenkonstruktionen von Kohlenlagerschuppen, Ofenhäusern, Koksaufbereitungsanlagen u. dergl.

Ausschließlich verwendet werden derartige Anstriche für eiserne Gegenstände oder Werkstücke, die in die Erde versenkt werden, wie z. B. gußeiserne Röhren und Schieber, denen sie einen ausgezeichneten Rostschutz gewähren. Auch als Anstrich für Wasserbauzwecke (Schleusentore und dergl.) sowie für die Schiffahrt sind sie vielfach mit Erfolg benutzt worden.

Soweit die Verwendung der in neuester Zeit besonders bekanntgewordenen *Nitrozellulose-Lackfarben* als Rostschutzfarben in Aussicht genommen ist, dürfte übe deren Bewährung in dieser Beziehung noch nicht das letzt Wort gesprochen sein.

Bevor man nun an die Wahl eines bestimmten Anstrichstoffes geht, muß man sich über seine Verwendungsmöglichkeit klar werden. Denn selbstverständlich gibt es keine Anstrichstoff, der allen Anforderungen restlos genügen wir

Im wesentlichen wird man zu unterscheiden habe zwischen Farben, die nur reinen Witterungseinflüssen au gesetzt sind, Farben, die sowohl Witterungs- wie chemi schen Einflüssen Widerstand leisten müssen und Farbe oder Schutzmitteln für besondere Zwecke.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Hal barkeit eines Anstriches sind vor allem auch die Witte rungsverhältnisse und die Jahreszeit, bei der die Anstrich arbeiten ausgeführt werden. Erfahrungsgemäß eignet sic hierfür am besten der Frühherbst — etwa Ende August bi Ende September — wobei natürlich trockenes Wetter ein selbstverständliche Voraussetzung ist. Unter allen Umstän den muß der Untergrund trocken sein, ehe er einen An strich erhält. Bei feuchter Witterung, Regen und Nebe ausgeführte Arbeiten können nur von ganz kurzer Lebens dauer sein, auch wenn der Farbstoff noch so gut ist.

Die Haltbarkeit eines Anstriches ist aber auch in be sonders hohem Maß abhängig von der Beschaffenheit de Untergrundes. Bevor man das Eisen durch Auftrage eines Anstriches gegen die Einwirkungen der Witterun oder chemische Angriffe zu schützen sucht, ist es notwendig von dem Grundmetall alle Verunreinigungen, besonders abe den Rost sorgfältig zu entfernen. Geschieht dies nicht ode nur unvollkommen, so besteht die Gefahr des Weiterrostens denn der Rost ist durchlässig, saugt die Feuchtigkeit au und wird daher den für den Rostvorgang erforderliche Elektrolyten heranführen.

Im wesentlichen werden für die Entrostung praktisc benutzt das von Hand durchgeführte Verfahren mittels de üblichen Handwerkzeuge (Schaber, Drahtbürsten usw.) un das Abrosten mittels Sandstrahlgebläses, während die che mische Entrostung nur eine bedingte Bedeutung hat. [N 462]

[1]) Auszug aus dem Vortrage von Prof. Dr. Maaß, Berlin, in der Fachsitzung „Anstrichtechnik" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927; vergl. S. 763 und 803 dieses Heftes.

Untersuchungen an der Dieselmaschine

Die Dieselmaschine als Kraftfahrzeugmotor [1])

Von Prof. Dr.-Ing. Kurt Neumann, Hannover

Vorgetragen in der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927

(Mitteilung aus dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Technische Wärmelehre der Technischen Hochschule Hannover)

Arbeitsprozeß der raschlaufenden Dieselmaschine — Versuchsergebnisse am Dorner-Motor

Die wirtschaftliche Not der Nachkriegsjahre zwang den deutschen Dieselmotorenbau, erneut die Lösung der Aufgabe in Angriff zu nehmen, eine rasch-.fende Fahrzeugmaschine auf den Markt zu bringen. se Bestrebungen fanden einen mächtigen Ansporn durch rasche Entwicklung der kompressorlosen Maschinen; n es liegt auf der Hand, daß für Fahrzeugmaschinen r diese Gattung der Dieselmaschine in Frage kom-n kann.

Die eingehende Prüfung einer Vierzylinder-Viertakt-selmaschine mit Strahleinspritzung, Bauart Dorner, im itut für Verbrennungsmaschinen der Technischen Hoch-ule Hannover veranlaßte mich, den Arbeitsvorgang der selmaschine als Kraftfahrzeugmotor näher zu unter-hen, um Einblicke in die Entwicklungsmöglichkeiten ser Maschinenart zu gewinnen.

Für eine Fahrzeugmaschine sind neben der selbstver-ndlichen Forderung der Betriebsicherheit hohe Dreh-len, geringes Gewicht und geringer Wärmeverbrauch die Leistungseinheit unerläßliche Bedingungen. Der üllung dieser Forderungen verdankt die mit Leicht-ön betriebene Vergasermaschine ihre heute noch das amte Feld beherrschende Stellung. Alle Versuche, mit fe des Vergasers zum Schwerölbetrieb überzugehen, eiterten. Erst die Einführung des Dieselverfahrens chte die entscheidende Wendung.

Eigenartigerweise lagen die Schwierigkeiten der sel-Kraftfahrzeugmaschine nicht in der Richtung, in man sie früher vermutete, als die kompressorlose schine noch nicht aus der Taufe gehoben worden war: inste, je Arbeitspiel genau der Belastung entsprechende nnstoffmengen können heute auch bei hohen Dreh-len jedem Zylinder mit Sicherheit zugemessen und lkommen verbrannt werden. Wie später an Ver-hsergebnissen gezeigt wird, sind hierdurch die Vor-setzungen für hohe Energieausnutzung der Schwer-ö in raschlaufenden Maschinen gegeben.

Die hohen Drehzahlen verlangen, daß der in den nnraum eingespritzte Brennstoff mit größter Geschwin-keit die notwendigen Zustandsänderungen erfährt und brannt wird. Es kommt deshalb wesentlich darauf an, di Geschwindigkeit der Verbrennung aufs äußerste zu gern. Vom Verhältnis dieser Geschwindigkeit zur bengeschwindigkeit oder Drehzahl in jedem Zeit-chnitt des Vorganges hängt die Durchführbarkeit des zesses, insbesondere der Druckverlauf während der brennung und der Expansion im Zylinder, und damit sich einstellende Höchstdruck ab, der für die Festig-sberechnungen und das Gewicht der Maschine maß-end ist. Die Verbrennung kann aber nur dann rasch r vollkommen durchgeführt werden, wenn der Brenn-f die erforderliche Luft findet: Nach möglichst hohem ergrad des Zylinders in bezug auf die angesogene t muß deshalb auch bei hohen Drehzahlen gestrebt den.

Arbeitsprozeß der Diesel-Kraftfahrzeugmaschine

Die Frage nach dem günstigsten Arbeitsprozeß der sel-Kraftfahrzeugmaschine soll zunächst an der Hand de theoretischen Indikatordiagramms, Abb. 1, behandelt den, nach dem sich die Verbrennung teils bei un-nderlichem Volumen, teils bei unveränderlichem Druck abspielt. Da es sich vorläufig nur um die Ermittlung von Vergleichswerten handelt, so werden die spezifischen Wärmen konstant gesetzt und es wird von der thermischen Dissoziation der Verbrennungserzeugnisse abgesehen. Verdichtung und Expansion verlaufen adiabatisch.

Abb. 1 Theoretisches Indikatordiagramm einer Dieselmaschine

Die Maschine arbeite mit unveränderlichem Verdichtungsverhältnis. Von der Gewichtseinheit des zugeführten Brennstoff-Luftgemisches werde der Teil x bei unveränderlichem Volumen, der Rest $(1-x)$ bei unveränderlichem Druck verbrannt. Der Wert von x ändere sich zwischen 0 und 1.

Der Zustand der Luft am Ende des Ansaugens sei $p_1 = 1$ [at abs], $t_1 = 80$ [°C], und der Enddruck der Verdichtung betrage $p_2 = 25$ [at abs]. Als Brennstoff werde ein Schweröl benutzt, dessen unterer Heizwert $h_u = 8500$ [kcal/kg] ist und zu dessen Verbrennung theoretisch die Luftmenge $L_{min} = 13{,}85$ [kg] für 1 kg Brennstoff erforderlich sei. Er werde mit 70 vH Luftüberschuß verbrannt, $\lambda = 1{,}70$. Weiterhin sei

$$c_p = 0{,}24, \quad c_v = 0{,}1715 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg °C}}\right], \quad k = \frac{c_p}{c_v} = 1{,}4.$$

Das Verdichtungsverhältnis der Maschine ist dann

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} = \left[\frac{p_2}{p_1}\right]^{\frac{1}{k}} = 9{,}91\,,$$

die Endtemperatur der Verdichtung

$$T_2 = T_1\, \varepsilon^{k-1} = 886\ [\text{° abs}], \quad t_2 = 613\ [\text{° C}].$$

Die relative Drucksteigerung und Volumenzunahme durch die Verbrennung ist abhängig von der jeweilig verbrannten Brennstoffmenge.

$$\text{Für } V_k = \text{konst wird } \psi = \frac{p_3}{p_2} = f(x),$$

$$\text{„} \quad P_3 = \quad \text{„} \quad \text{„} \quad \varphi = \frac{v_4}{v_3} = f(1-x).$$

Die Temperaturen am Ende der Teilverbrennungen sind

$$T_3 = T_2 + \frac{x\, h_u}{c_v (1 + \lambda\, L_{min})}, \qquad T_4 = T_3 + \frac{(1-x)\, h_u}{c_p (1 + \lambda\, L_{min})}\ [\text{° abs}]$$

und hiermit wird

$$\psi = 1 + \frac{x\, h_u}{c_v\, T_2 (1 + \lambda\, L_{min})}, \quad \varphi = 1 + \frac{(1-x)\, h_u}{k\, x\, h_u + c_p\, T_2 (1 + \lambda\, L_{min})}$$

[1]) Frühere Veröffentlichungen über „Untersuchungen an der Die lmaschine": Z. Bd. 62 (1918) S. 706, Bd. 65 (1921) S. 801; Forschungsheft 245; Z. Bd. 67 (1923) S. 279 u. 755, Bd. 68 (1924) S. 283, Bd. 70 (1926) S. 1.

Abb. 2
Einfluß der Vorverpuffung x auf den Arbeitsprozeß

wodurch p_3 und v_4 bestimmt sind. Die „Füllung" der Maschine ist

$$\xi = \frac{v_4 - v_3}{v_1 - v_2} = \frac{\varphi - 1}{8{,}91}.$$

Da die bei der Verbrennung von 1 kg Gemisch insgesamt freiwerdende Wärme

$$Q = \frac{h_u}{1 + \lambda L_{\min}} = 347 \text{ [kcal]}$$

stets gleich ist, und da 1 kg Gemisch die Arbeit

$$A\,L = A\,P_3\,(v_4 - v_3) + (u_4 - u_5) - (u_2 - u_1)$$
$$= 0{,}0685\,(t_4 - t_3) + c_v\,[(t_1 + t_4) - (t_2 + t_5)] \text{ [kcal]}$$

leistet, so ist der Wirkungsgrad der Maschine

$$\eta = \frac{A\,L}{Q}.$$

Der mittlere indizierte Kolbendruck ist

$$p_i = \frac{10^{-4}\,L}{v_1 - v_2} \text{ [at]}.$$

Abb. 3
Indikatordiagramme für verschiedene Vorverpuffung x. Abhängigkeit des mittleren indizierten Druckes p_i vom Verlauf der Verbrennung.

Zahlentafel 1 und Abb. 2 zeigen die Ergebnisse [illegible] Rechnung. In Abb. 3 und 4 sind die zugehörigen [illegible]dikator- und Ts-Diagramme, bezogen auf 1 kg, maßstäb[illegible] dargestellt.

Zahlentafel 1
Einfluß der Vorverpuffung auf den Arbeitsprozeß

x kg	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
ψ	1	1,453	1,906	2,36	2,81	3,[illegible]
φ	2,613	1,887	1,509	1,273	1,114	1
ξ . . . vH	18,1	9,95	5,70	3,07	1,28	0
p_3 . . at abs	25	36,3	47,6	59	70	81,[illegible]
p_5 . . „	3,85	3,54	3,40	3,30	3,27	3,[illegible]
t_3 . . . °C	613	1012	1417	1822	2217	26[illegible]
t_4 . . . „	2037	2157	2277	2387	2487	26[illegible]
t_5 . . . „	1077	971	925	897	883	8[illegible]
$A\,L$ . . kcal	170,9	190,4	199,2	201,5	202,7	20[illegible]
p_i . . . at	7,29	8,13	8,51	8,65	8,76	[illegible]
η . . . vH	49,2	55	57,5	58,1	58,5	5[illegible]

Die Untersuchungen lehren, daß eine gegebene Bre[illegible]stoffmenge mit gleichbleibender Luftmenge in einer [illegible]schine mit unveränderlichem Enddruck der Verdicht[illegible] am günstigsten bei konstantem Volumen verbrannt w[illegible] Der Höchstdruck wird dann allerdings sehr hoch. [illegible] Zunahme des mittleren indizierten Druckes p_i oder [illegible] Wirkungsgrades η beträgt beim Übergang von der V[illegible]brennung bei konstantem Druck ($x = 0$, $p_{\max} = 25$ [at abs]) zur Verbrennung bei konstantem Volumen ($x =$[illegible] $p_{\max} = 81{,}5$ [at abs]) 21,6 vH. Bemerkenswert ist h[illegible]bei jedoch, daß diese Zunahme für $x > 0{,}5$ nur ger[illegible] ist, so daß schon bei geringer Vorverpuffung günst[illegible] Energieausnutzung bei mäßigen Höchstdrücken errei[illegible] wird.

Verbrennt z. B. die eine Hälfte des zugeführten Bre[illegible]stoffes bei konstantem Volumen und die andre bei k[illegible]stantem Druck, so wird mit $x = 0{,}5$

$$p_{\max} = 53{,}1 \text{ [at abs]} \qquad t_{\max} = 2330 \text{ [°C]}$$
$$\xi = 4{,}2 \text{ vH} \qquad t_5 = 911 \text{ [°C]}$$
$$p_i = 8{,}58 \text{ [at]} \qquad \eta = 57{,}9 \text{ vH},$$

d. h. p_i und η bleiben nur wenig hinter den erreichba[illegible] Höchstwerten zurück, obwohl $p_{\max}$ nur rd. ⅔ des höc[illegible] möglichen Druckes beträgt. Der **wirkliche** Druck[illegible]lauf im Zylinder der kompressorlosen Dieselmasch[illegible] während der Verbrennung hängt von der Umsatzgeschw[illegible]digkeit des eingespritzten Brennstoffes ab, bedarf a[illegible]

Abb. 4
Ts-Diagramme für verschiedene Vorverpuffung x

›ts einer endlichen Zeit. Je höher die Drehzahl der ›aschine ist, um so mehr wird — auch bei sehr rascher ›nspritzung und Verbrennung — die Druckkurve von ›ıer Kurve unveränderlichen Volumens abweichen. Es › hiernach grundsätzlich unrichtig, den Höchstdruck des ›oretischen Indikatordiagramms willkürlich anzunehmen ›d hiernach die Verbrennung in die beiden Teilabschnitte ›= konst. und $P =$ konst. zu zerlegen [1a]); denn hierdurch ›rd über die Geschwindigkeit der Verbrennung von vorn- ›rein verfügt, ohne daß die physikalischen und chemischen ›rgänge bei der Verbrennung beachtet werden, von denen › allein abhängt. Die auf diese Weise berechneten Güte- ›ade des Arbeitsprozesses hängen in der Luft und können ›inen Maßstab für die Vollkommenheit des Arbeitsver- ›ırens der Maschine abgeben.

Um Einblicke in die Geschwindigkeit der Verbren- ›ng von Schwerölen und ihre Abhängigkeit von den ver- ›iedenen Zustandsgrößen zu gewinnen, wird man auch ›r besondere Versuche vornehmen müssen, die plan- ›ßige Veränderung dieser Größen gestatten. Zu diesem ›eck ist im Institut für Verbrennungsmaschinen der ›chnischen Hochschule Hannover eine neue Arbeit in ›griff genommen worden, bei der teilweise die früher ›schilderte Einrichtung[2]) benutzt wird.

›e Verbrennung bei konstantem Volumen

Den zeitlichen Druckverlauf während der Verbrennung › einem unveränderlichen Raum kann man bei Aus- ›luß von Wärmeverlusten auf Grund von Versuchs- ›ebnissen in erster Annäherung durch eine Exponen- ›lfunktion

$$p = A\, e^{B z} \text{ [at abs]}$$

›stellen, in der die Konstanten durch die Bedingungen ›timmt sind, daß für

$$z = 0 \qquad p = p_2\,,$$
$$z = z_v \qquad p = p_{max}$$

›: p_2 bedeutet den Druck im Gefäß vor der Verbrennung, ›x den Höchstdruck, der sich bei der als vollkommen ›rausgesetzten Verbrennung einstellt, z_v die vom Be-ginn des Druckanstiegs gezählte Zeitdauer der Reaktion. Es wird

$$p = p_2\, e^{\ln\left(\frac{p_{max}}{p_2}\right)\frac{z}{z_v}} \text{ [at abs]}.$$

Die zum jeweiligen Druck p gehörige Temperatur ist

$$T = \frac{T_2}{1 - \dfrac{\left(1 - e^{-\ln\left(\frac{p_{max}}{p_2}\right)\frac{z}{z_v}}\right)}{1 + \dfrac{\left(\frac{c}{12} + \frac{h}{2} + \frac{w}{18} - \frac{0{,}21\, L_{min}}{24{,}4}\right)[\mu\, c_v'']_{T_2}^{T}\, T_2}{h_u}}} \text{ [° abs]}$$

und der bis dahin verbrannte Bruchteil des eingespritzten Brennstoffs

$$x = \frac{\dfrac{\lambda\, L_{min}}{24{,}4}}{\dfrac{h_u}{[\mu\, c_v'']_{T_2}^{T}\, T_2} + \left(\frac{c}{12} + \frac{h}{2} + \frac{w}{18} - \frac{0{,}21\, L_{min}}{24{,}4}\right)} \times \left(e^{\ln\left(\frac{p_{max}}{p_2}\right)\frac{z}{z_v}} - 1\right) \text{ [kg]}.$$

Hierin sind c, h und w der Gehalt des Brennstoffes an Kohlenstoff, Wasserstoff und Wasser. Die Geschwindigkeit des Umsatzes an der Stelle p oder T zur Zeit z folgt dann durch Differentiation

$$\frac{dx}{dz} = \frac{\dfrac{\lambda\, L_{min}}{24{,}4\, z_v}\ln\dfrac{p_{max}}{p_2}}{\dfrac{h_u}{[\mu\, c_v'']_{T_2}^{T}\, T_2} + \left(\frac{c}{12} + \frac{h}{2} + \frac{w}{18} - \frac{0{,}21\, L_{min}}{24{,}4}\right)} \times e^{\ln\left(\frac{p_{max}}{p_2}\right)\frac{z}{z_v}} \text{ [kg/s]}.$$

In allen Fällen sind hierbei der Höchstdruck und die Höchsttemperatur der Verbrennung bei $V =$ konst

$$p_{max} = p_2 \frac{m''}{m_2}\frac{T_{max}}{T_2} \text{ [at abs]}$$

und

$$T_{max} = T_2 + \frac{h_u}{m''\,[\mu\, c_v'']_{T_2}^{T_{max}}} \text{ [° abs]},$$

wobei m_2 und m'' die Molzahlen der eingeschlossenen Luftmenge bzw. der Verbrennungserzeugnisse bedeuten.

b) Berechnung des Verlaufs der Verbrennung bei wachsendem Zylindervolumen

Um den Arbeitsprozeß der raschlaufenden verlustlosen Diesel-Fahrzeugmaschine zu berechnen, werde jetzt vorausgesetzt, daß der Brennstoff so frühzeitig in den Zylinder eingespritzt wird, daß die Drucksteigerung infolge der Verbrennung in der inneren Totlage des Kolbens beginnt. Bei festgehaltenem Kolben würde sich nach der Zeit $z = z_v$ der Höchstdruck

$$p = p_{max} \text{ [at abs]}$$

einstellen. Bei vorwärtseilendem Kolben hat in der Zeit z das Zylindervolumen auf $v = v_k + \frac{v_h}{2}(1 - \cos\alpha)$ [m³] zugenommen; infolgedessen ist gleichzeitig eine adiabatische Expansion auf den Druck $p < p_{max}$ eingetreten.

Der Enddruck der Verbrennung p_4, Abb. 5, wird hierbei um so kleiner als p_{max} für $v_k =$ konst, je weiter sich der Kolben aus seiner Totlage entfernt hat. Um die wirkliche Verbrennungslinie im $p\,V$-Diagramm zu finden, muß man aus dem berechneten zeitlichen Verlauf der chemischen Umsetzung des Brennstoffes in Wärme $x = f(z)$ die in jedem Zeitabschnitt sich neu einstellenden Zustandsgrößen p und T berechnen. Zu diesem Zweck wird der gesamte Verbrennungsprozeß 2 bis 4 in Elementarprozesse aufgeteilt und die wirkliche Verbrennungslinie schrittweise berechnet, indem statt der wirklichen Verbrennung entsprechend dem Kurvenstück a bis b ein Ersatzprozeß a bis c bei $v =$ konst und ein zweiter c bis b bei $T =$ konst derart durchgeführt wird, daß sich die äußeren Arbeiten beider Prozesse nur um eine unendlich kleine Größe zweiter Ordnung unterscheiden.

[1a]) Vergl. Maier, Untersuchung einer Deutzer VM-Maschine Z. Bd. 68 (1924) S. 1052.
[2]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1071.

Abb. 5
Berechnung der Verbrennungslinie 2 bis 4 im pV-Diagramm

Für einen solchen beliebig herausgegriffenen Teilprozeß ergibt der erste Hauptsatz

$$\mathrm{d}\,U + h_u\,\mathrm{d}\,x = AP\,\mathrm{d}\,V,$$

$$U_a + (x_b - x_a)\,h_u = U_b + A\int_a^b P\,\mathrm{d}\,V$$

oder

$$m_a\int_0^{t_a}\mu\,c_v''\,\mathrm{d}\,t + (x_b - x_a)\,h_u$$

$$= m_b\left\{\int_0^{t_b}\mu\,c_v''\,\mathrm{d}\,t + 1{,}985\,T_b\ln\frac{1+2\,\varepsilon_0-\cos\alpha_b}{1+2\,\varepsilon_0-\cos\alpha_a}\right\},$$

wobei

$$m_n = \left(\frac{c}{12}+\frac{h}{2}+\frac{w}{18}-\frac{0{,}21\,L_{\min}}{24{,}4}\right)x_n + \frac{\lambda\,L_{\min}}{24{,}4}\left[\frac{\text{Mol}}{\text{kg Brennstoff}}\right]$$

und

$$\varepsilon_0 = \frac{V_k}{V_h}$$

die relative Größe des Verdichtungsraumes der Maschine ist[3]).

Bei bekanntem Anfangzustand a und bei bekanntem Brennstoffumsatz $x_b - x_a$ entsprechend dem zeitlichen Zuwachs $z_b - z_a$ oder der Zunahme des Kurbelwinkels um $\alpha_b - \alpha_a$, kann zunächst die Temperatur im Endzustand b und hierauf aus der Zustandsgleichung

$$P_b\,V_b = 848\,m_b\,T_b$$

der zugehörige Druck P_b ermittelt werden.

Vom Zustand 2 am Ende der Verdichtung ausgehend, wobei

$$\alpha_a = 0,\quad x_a = 0,\quad t_a = t_2,\quad m_a = m_2$$

ist, führt die Rechnung schrittweise bis zum Endzustand $x = 1$, $m_b = m''$, p_4, V_4, t_4 entsprechend der angenommenen Verbrennungszeit z_v [s] oder dem ihr zugeordneten Kurbelwinkel $\alpha_v = 6\,n\,z_v$ [Grad], worin n die Drehzahl der Maschine bedeutet.

Aus den entwickelten Beziehungen kann man, auch ohne zunächst in ein besonderes Zahlenbeispiel einzutreten, eine Reihe wichtiger Schlußfolgerungen ziehen:

Die Schnelligkeit des Druckanstiegs bei der Verbrennung hängt von der Konstanten

$$B = \frac{1}{z_v}\ln\frac{p_{\max}}{p_2}\ [\mathrm{s}^{-1}]$$

ab. In erster Linie ist die Brennzeit z_v oder die ihr umgekehrt proportionale Geschwindigkeit der Verbrennung von Einfluß, in zweiter Linie die Drucksteigerung durch die Verbrennung.

Die Brennzeit hängt ab von Temperatur, Dichte der Luft im Brennraum, Konzentration, Wärmeleit- und Absorptionsfähigkeit des verbrennenden Brennstoffnebels, Verdampfgeschwindigkeit des Brennstoffes und vor allem von der Durchwirbelung (Turbulenz) des Gemisches. Die Drucksteigerung hingegen ist in der Hauptsache eine Funktion der Luftüberschußzahl λ. Sie wird am größten für $\lambda = 1$. Sie kann erniedrigt werden durch Spaltung (Dissoziation) der Verbrennungserzeugnisse. Auch spielt das Massenwirkungsgesetz in der für reaktionskinetische Vorgänge anzuwendenden Form eine wesentliche Rolle.

Man sieht, daß es weitreichender experimenteller und mathematischer Untersuchungen bedürfen wird, um die Erscheinungen bei der Verbrennung der Schweröle auf Ursache und Wirkung zurückzuführen und die Zusammenhänge aufzudecken, die den zeitlichen Verlauf der chemischen Reaktionen beherrschen.

Da bei der Kraftfahrzeugmaschine die Drehzahl n hoch liegt, so muß zur Erzielung raschen Umsatzes des Brennstoffes in Wärme und mechanische Energie die Umsatzgeschwindigkeit $\frac{\mathrm{d}\,x}{\mathrm{d}\,z}$ sehr groß werden, was, wie die Formel zeigt, nur durch kleine Dauer z_v der Verbrennung, d. h. große Brenngeschwindigkeiten, erreicht werden kann. Man sieht weiterhin, daß verhältnismäßig hohe Temperatur T_2 am Ende der Verdichtung in gleichem Sinne wirkt. Hohe Verdichtung verkleinert nicht nur den Zündverzug[4]), sondern vergrößert auch die Brenngeschwindigkeit. Die Umsatzgeschwindigkeit $\frac{\mathrm{d}\,x}{\mathrm{d}\,z}$ = ist während der Verbrennung nicht unveränderlich, dern wächst annähernd nach einer Exponentialfunk $e^{\ln\left(\frac{p_{\max}}{p_2}\right)\frac{z}{z_v}}$. Am Ende der Verbrennung für $z = z_v$ sie über $\frac{p_{\max}}{p_2}$-mal so groß, als zu Beginn der brennung für $z = 0$. Geringer Luftüberschuß (gr $p_{\max}$) wirkt fördernd so lange, als die Verbrennung als vollkommen vorausgesetzt werden kann.

Das den Druckverlauf im unveränderlichen R kennzeichnende Gesetz $p = A\,e^{Bz}$ wurde den Un suchungen mit Rücksicht auf vorläufig festgestellte sachen zugrunde gelegt. Aufgabe der weiteren Forsch ist es, die Brennzeit z_v der Schweröle auf ihre ph kalisch-chemischen Ursachen zurückzuführen und sie Funktion der oben angegebenen einzelnen Zustandsgrö darzustellen. Es hat dann keine Schwierigkeiten, dem gekennzeichneten Wege von der Verbrennung im veränderlichen Raum auf die Verbrennung bei wach dem Zylindervolumen überzugehen und hierbei insbe dere den Einfluß der Drehzahl oder der Kolbengeschw digkeit der Maschine auf den Wirkungsgrad der Ener umwandlung festzustellen.

c) Beispiel, Folgerungen

An einem Beispiel seien die weittragenden Fo der vorstehenden Betrachtungen für die Energieumw lung in der Diesel-Kraftfahrzeugmaschine gezeigt.

Es werde ein Schweröl (Gasöl $c = 0{,}87$, $h =$ [kg], $h_u = 10\,100$ [kcal/kg], $L_{\min} = 12{,}21$ [m³ (15°, 1 at) mit $\lambda = 1{,}50$ Luftüberschuß in der verlustlosen k pressorlosen Strahleinspritzmaschine verbrannt. Zu ginn der Verdichtung sei $p_1 = 1$ [at abs], $t_1 = 57$ [am Ende $p_2 = 30$ [at abs], $t_2 = 598$ [°C]. Auf 1 kg Br stoff bezogen ist

$$m_2 = \frac{\lambda\,L_{\min}}{24{,}4} = 0{,}751\ [\text{Mol}]\ \text{Luft},$$

$$m'' = 0{,}0725\ CO_2'' + 0{,}0650\ H_2O'' + 0{,}0526\ O_2'' + 0{,}594$$
$$= 0{,}784\ [\text{Mol}]\ \text{Verbrennungserzeugnisse}.$$

Abb. 6
Einfluß der Zeit auf die Verbrennung im unveränderlichen Raum

[3]) Vergl. a. Z. Bd. 67 (1923) S. 280.
[4]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1078.

unveränderlichen Raum verbrannt, ergibt sich für den ...dzustand der Verbrennung bei Berücksichtigung der ...ränderlichkeit der mittleren Molekularwärmen („Hütte" ...3d. 25. Aufl. S. 472) $t_{max} = 2450$ [°C] und $p_{max} = 97,8$ ... abs]. Den zeitlichen Verlauf der einzelnen Zustands...ßen für Bruchteile der Verbrennungszeit z_v zeigen ...hlentafel 2 und Abb. 6.

Zahlentafel 2

...itlicher Verlauf der Zustandsgrößen bei ...erbrennung im unveränderlichen Raum

....	0	0,25	0,50	0,75	1
... at abs	30	40,4	54,1	72,9	97,8
...... °C	598	870	1242	1740	2450
...... kg	0	0,130	0,313	0,559	1
...... kg/s	73,9	117,9	166,2	236,8	343,3
... Mol/kg	0,751	0,755	0,761	0,769	0,784
...″]^t kcal Mol °C	5,11	5,32	5,61	6,01	6,54

Das Gesetz für den Umsatz der chemischen Energie ... Brennstoffes in Wärme $x = f(z)$ werde nun auch ... die Verbrennung in der Maschine bei wachsendem ...indervolumen als gültig angesehen, derart, daß die ...brennung jetzt bei verschiedenen Kurbelwinkeln α_v be...et sein soll. Bedeutet n die Drehzahl der Maschine, ...ist die Brennzeit $z_v = \frac{\alpha_v}{6\,n}$ [s] für jeden einzelnen Fall ...immt. Man sieht, daß den zunehmenden Kurbelwin...n α_v immer größere Brennzeiten z_v oder immer klei...e Brenngeschwindigkeiten entsprechen, da sich weder ... Endzustand der Verdichtung (p_2, t_2) noch an der ...hzahl etwas ändert. Dem Kurbelwinkel $\alpha_v = 0$ ent...icht die Brennzeit $z_v = 0$, für die die Brenngeschwin...keit unendlich groß wird. Da diese aber immer nur ...liche Werte haben kann, so folgt hieraus, daß die

Abb. 7
Druckverlauf, abhängig von der Verbrennungsgeschwindigkeit.

Brennzeit $z_v = \frac{\alpha_v}{6\,n}$ [s]

Abb. 8
Einfluß der Verbrennungsgeschwindigkeit auf das Indikatordiagramm und den mittleren indizierten Kolbendruck bei unveränderlicher Drehzahl $n = 1000$ Uml./min.

Brennzeit $z_v = \frac{\alpha_v}{6\,n}$ [s]

Verbrennung und der zugehörige Höchstdruck p_{max} bei $V =$ konst. selbst für die verlustlose Maschine nur die Bedeutung von Grenzwerten haben können.

Den Verlauf der Zustandsgrößen während der Verbrennung bei veränderlichen Brennzeiten z_v für $n = 1000$ Uml./min geben Zahlentafel 3 und Abb. 7 an. Abb. 8 zeigt die entsprechenden Indikatordiagramme. Man erkennt den großen Einfluß, den die Brenngeschwindigkeit unter sonst gleichen Umständen auf die indizierte Maschinenleistung hat: je kleiner die Brenngeschwindigkeit wird, desto niedriger wird der Höchstdruck im Arbeitsprozeß, desto kleiner aber auch der mittlere indizierte Kolbendruck und dadurch die indizierte Maschinenleistung.

Zahlentafel 3

Verlauf der Zustandsgrößen bei $n = 1000$ Uml./min für veränderliche Brennzeiten

$\frac{z}{z_v}$	0	0,25	0,50	0,75	1
	$\alpha_v = 15$ Grad, $z_v = 0,0025$ s				
α ..... Grad	0	3,75	7,50	11,25	15
ξ ...... vH	0	0,1	0,5	1	1,7
p .... at abs	30	36,2	46	56,5	72,1
t ...... °C	598	892	1239	1665	2326
	$\alpha_v = 30$ Grad, $z_v = 0,0050$ s				
α ..... Grad	0	7,5	15	22,5	30
ξ ...... vH	0	0,45	1,7	3,8	6,7
p .... at abs	30	34,7	40	42,6	47,6
t ...... °C	598	880	1209	1584	2203
	$\alpha_v = 45$ Grad, $z_v = 0,0075$ s				
α ..... Grad	0	11,25	22,5	33,75	45
ξ ...... vH	0	0,9	3,8	8,5	14,7
p .... at abs	30	32,4	34,6	31,5	31,4
t ...... °C	598	858	1245	1570	2141
	$\alpha_v = 60$ Grad, $z_v = 0,0100$ s				
α ..... Grad	0	15	30	45	60
ξ ...... vH	0	1,7	6,7	14,7	25
p .... at abs	30	29,6	25,1	20,7	20
t ...... °C	598	836	1065	1356	1918

Abb. 9
Einfluß der Brennzeit auf die indizierte Maschinenleistung. Brenngeschwindigkeit proportional $1/z_v$

Berechnet man aus den Indikatordiagrammen den mittleren indizierten Kolbendruck p_i in at, so ist, auf 1 l Hubvolumen bezogen, die indizierte Maschinenleistung

$$\frac{N_i}{v_h} = \frac{p_i\, n}{900} \text{ [PS/l]}.$$

Auf die Stunde umgerechnet, wird die geleistete Arbeit

$$AL = 632\,\frac{N_i}{V_h} = 0{,}702\, p_i\, n \text{ [kcal/lh]}.$$

Da durch 1 l Luft vom Zustand am Ende des Ansaugens $(p_1,\ T_1)$ beim Luftüberschuß λ

$$B_l = \frac{288\, p_1}{10^3\, \lambda\, L_{\min}\, T_1} \text{ [kg/l]}$$

Brennstoff verbrannt werden, so ist die stündlich in der Form von Brennstoff zugeführte chemische Energie

$$Q = 30\, n\, B_l\, h_u$$

$$= 8{,}64\, \frac{p_1\, h_u\, n}{T_1\, \lambda\, L_{\min}} \text{ [kcal/lh]}$$

und der Wirkungsgrad der Energieumwandlung für die verlustlose Maschine

$$\eta = \frac{AL}{Q}$$

$$= 0{,}0813\, \frac{T_1\, \lambda\, L_{\min}}{p_1\, h_u}\, p_i\,.$$

Mit $p_1 = 1$ [at abs], $t_1 = 57$ [°C], $\lambda = 1{,}50$ ergibt sich für das verwendete Gasöl $\eta = 0{,}0486\, p_i$. Zahlentafel 4 und Abb. 9 zeigen die Abhängigkeit der einzelnen Größen von der Zeitdauer der Verbrennung. Literleistung $\frac{N_i}{V_h}$, Wirkungsgrad η und Drucksteigerungsverhältnis $\frac{p_{\max}}{p_2}$ sinken mit abnehmender Brenngeschwindigkeit c erheblich. Diese ist umgekehrt proportional der Brennzeit, $c = \frac{k}{z_v}$ [m/s]. Für $c = \infty$ ist der Grenzwert $\eta = 0{,}590$ und $\frac{p_{\max}}{p_2} = 3{,}25$.

Die Darstellung von η und $\frac{p_{\max}}{p_2}$, abhängig von der

Zahlentafel 4
Einfluß der Dauer der Verbrennung
bei $n = 1000$ Uml./min

a_v Grad / z_v s	0 / 0	15 / 0,0025	30 / 0,0050	45 / 0,0075	(/ 0,
$\frac{1}{z_v}$ . . . . . s^{-1}	∞	400	200	133,3	100
p_i . . . . at abs	12,1	11,3	10,4	9,7	8
$\frac{N_i}{V_h}$ . . . . . PS/l	13,45	12,56	11,57	10,79	9
AL . . . kcal/lh	8500	7930	7300	6810	59
Q . . . . „	14 410	14 410	14 410	14 410	144
η	0,590	0,550	0,506	0,473	0.
$\frac{p_{\max}}{p_2}$	3,25	2,40	1,59	1,15	1

Brenngeschwindigkeit bei unveränderlicher Drehz Abb. 10, zeigt, daß die Brenngeschwindigkeit eine gew Größe haben muß, damit die Energieausnutzung in Maschine nicht allzuweit von jenem Grenzwert entf bleibt. Wie aus den nachfolgenden Versuchsergebnis hervorgeht, bereitet die Gemischbildung und rechtzei Verbrennung der Schweröle in kompressorlosen Maschi auch bei sehr hohen Drehzahlen heute keine unüberw lichen Schwierigkeiten mehr. Die Grenze scheint v mehr in der Richtung zu liegen, daß es oberhalb ei bestimmten Drehzahl nicht mehr gelingt, ohne Anw dung besonderer Mittel dem Zylinder die erforderli Ladeluft in genügender Menge zuzuführen, um h mittlere indizierte Drücke zu erhalten.

Mit Rücksicht auf rationellen Brennstoffverbra kann man als diese Grenze heute etwa $n = 1000$ Uml. annehmen und als Enddruck der Verdichtung 30 at abs wenden. Für das gewählte Beispiel ergibt sich dann spezifische Brennstoffverbrauch der verlustlosen Masch umgerechnet auf einen Heizwert von 10 000 kcal/kg, z

$$B_i = \frac{30\, n\, B_l}{N_i\, V_h}\, \frac{h_u}{10\,000} \text{ [kg/PS}_i\text{h]}.$$

Aus der Zahlentafel 5 erkennt man, daß B_i je n der Brenngeschwindigkeit zwischen 0,153 und 0,107 kg/P liegt. Es ist nun bemerkenswert, daß die geringeren V brauchswerte nur durch höhere Drucksteigerung bei Verbrennung erkauft werden können. Dem Grenzw

Abb. 10
Einfluß der Brenngeschwindigkeit auf den Wirkungsgrad, spezifischen Brennstoffverbrauch und auf die Drucksteigerung bei der Verbrennung

Abb. 11 und 12. 30 PS_e-Schwerölmotor, Bauart Dorner

Zahlentafel 5

:influß der Brenngeschwindigkeit auf
·ennstoffverbrauch und Wirkungsgrade
bei $n = 1000$ Uml. min

. . . . s^{-1}	100	133,3	200	400	∞
ax . . . at abs	30	34,6	47,6	72,1	97,8
: . . . . . . °C	1918	2141	2203	2326	2450
. . . kg PS_ih	0,153	0,134	0,125	0,115	0,107
. . . kg PS_eh	0,207	0,184	0,174	0,162	0,153
. . . .	0,414	0,472	0,506	0,545	0,590
. . . .	0,302	0,341	0,360	0,387	0,410
. . . .	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70

:= 0,107 kg/PS_ih entspricht unendlich große Brenn-
:hwindigkeit. Glücklicherweise steigt der Verbrauch
mit abnehmender Brenngeschwindigkeit jedoch verhält-
inäßig langsam an, während der Höchstdruck p_{max}
:h fällt. Der Wirkungsgrad η der Energieumwandlung
deshalb für mittlere Brenngeschwindigkeiten durchaus
h als günstig anzusehen.

Die angestellten Betrachtungen gestatten auch, fest-
tellen, wie weit man etwa den auf die Nutzleistung be-
enen spezifischen Brennstoffverbrauch B_e [kg/PS_eh]
Maschine herabdrücken kann. Zu diesem Zweck
de der mechanische Wirkungsgrad η_m je nach den
retenden Höchstdrücken zwischen 0,70 und 0,74 an-
ommen. Man erhält als Grenzwert für $c = \infty$ $B_e =$
,3 kg/PS_eh. Mit abnehmender Brenngeschwindigkeit
gt B_e bis auf 0,207 kg/PS_eh.

Da gut durchkonstruierte Schnelläufer, wie die an-
ießenden Versuchsergebnisse zeigen, Verbrauchzahlen
eben, die zwischen diese Werte fallen, so geht daraus
vor, daß das Strahleinspritzverfahren auch für die
hlaufende Diesel-Fahrzeugmaschine seine Berechtigung
its erwiesen hat.

II. Versuche am Dorner-Motor

Eingehende Untersuchungen an kompressorlosen
rzeugmaschinen von hoher Drehzahl sind bisher nicht
nnt geworden. Die wenigen Messungen bei Prüf-
dversuchen reichen nicht aus, um ein vollständiges
il dieser neuen Maschinenart bei verschiedenen Be-
bsverhältnissen zu geben. Aus diesem Grunde ver-
en die Ergebnisse der Untersuchungen an dem Vier-
nder-Ölmotor, Bauart Dorner, Beachtung, bei denen
ll neuzeitlichen Meßeinrichtungen Verwendung fanden.

Die Maschine, Abb. 11 und 12, hat vier im Viertakt
itende Zylinder von 95 mm Dmr. und 160 mm Hub,
nach dem Druckeinspritzverfahren arbeiten. Die Nutz-
ung beträgt bei 1000 Uml./min 35 PS. Als Brenn-
ff wurde Gasöl verwendet, dessen unterer Heizwert
0 kcal/kg und dessen spezifisches Gewicht 0,851 bei
5° betrug. Zur Verbrennung waren 12,11 m³ (10 °, 1 at)
retische Luftmenge für 1 kg Brennstoff erforderlich.

Der Motor wird von den Eisenbahnsignal-Bauanstalten
Max Jüdel, Stahmer, Bruchsal A.-G., Werk Georgsmarien-
hütte bei Osnabrück, gebaut. Auf dem zweiteiligen Kurbel-
gehäuse sitzen vier Zylinder, von denen je zwei zu einem
Block vereinigt sind, Abb. 13. In den beiden abnehmbaren
Zylinderdeckeln sind die Einlaß- und Auslaßventile hängend
untergebracht und an ihnen auch die für die einzelnen
Zylinder getrennten Brennstoffpumpen mit ihren Düsen
angebaut. Die Düsen sind nach Lösen einer Mutter leicht
auswechselbar. Die Ventile und die Brennstoffpumpen
werden durch zwei im Oberteil des Kurbelgehäuses ge-
lagerte Nockenwellen betätigt, die von der Kurbelwelle
durch Ketten angetrieben werden. Im Unterteil des

Abb. 13
Vierzylinder-Viertaktmotor, Bauart Dorner
$n = 1000$ Uml./min Zyl.-Dmr. 95 mm Hub 160 mm

Abb. 15
Brennstoffdüse

Abb. 14 und 15. Brennstoffpumpe und Brennstoffdüse

Kurbelgehäuses, das als Ölsammeltrog ausgebildet ist, ist die Schmierölpumpe gelagert. Diese wird mit der Kühlwasserpumpe durch eine senkrechte Welle angetrieben, die über Schraubenräder von der Nockenwelle der Ventile aus angetrieben wird. Das Öl fließt der Pumpe durch ein Filter zu. Auf der Nockenwelle der Ventile sitzt ein Fliehkraftregler, der als Sicherheitsregler die Drehzahl der Maschine nicht über 1200 Uml./min steigen läßt. Während des Betriebes kann der Motor auf jede beliebige Drehzahl von 400 bis 1000 Uml./min eingestellt werden.

Der Motor ist vollkommen staubdicht gekapselt. Besondere Beachtung verdienen die Brennstoffpumpe und die Brennstoffdüse der Maschine, Abb. 14 und 15. Die Brennstoffpumpe hat zwei hintereinander geschaltete Druckventile v. An Stelle des Saugventils ist ein Schlitzkanal s angeordnet, durch den der Brennstoff bei Freigabe durch den Pumpenkolben p dem Pumpenraum zufließt. Der Pumpenkolben trägt an seinem unteren Ende einen federbelasteten Führungskolben e, in dem die stelzenartige Schubstange l gelagert ist. Vom Brennstoffnocken n wird mittels Rolle r_1 der um o drehbare Nockenhebel h betätigt, von dem die Nockenbewegung durch die Rolle r_2 auf die Schubstange und damit auf den Kolben p der Brennstoffpumpe übertragen wird.

Zum Regeln der in den Zylinder einzuspritzend Brennstoffmenge verändert man den Pumpenhub. D Regler verdreht die Reglerwelle w, und diese wirkt mitt eines Lenkers t auf die Schubstange l derart, daß je Belastung der Maschine eine durch den Halbmesser bestimmte feste Lage der Schubstange l zukommt, wo dem größten Wert von ϱ die größte Förderung, d kleinsten ϱ die Ruhestellung des Pumpenkolbens entsprich Der von der Pumpe geförderte Brennstoff gelangt durch Druckventile v in den Düsenhals d, Abb. 15, und w beim Austritt aus der Düse durch den nach dem Zylind innern öffnenden Nadelkopf k kegelförmig zerstäubt.

Bei den Versuchen wurde die Nutzleistung mit ein Wasserbremse, Bauart Junkers, die Drehzahl durch Zählwerk, die Brennstoffaufnahme durch Gewichtsmessu bestimmt, die von der Maschine verbrauchte Luftmen durch eine vorgeschaltete Luftuhr ermittelt. Quecksilb thermometer zeigten die Zu- und Ablauftemperaturen Zylinderkühlwassers an, dessen Menge in geeichten G fäßen gemessen wurde. Ein Thermoelement bestimmte Abgastemperatur. An sämtlichen Zylindern wurden fo laufend Gasproben genommen. Es wurden zwei V suchsreihen durchgeführt. Bei der ersten Reihe wur bei normaler Drehzahl die Belastung geändert, bei d zweiten die Drehzahl, um die für Schnelläufer besond bedeutungsvolle Kennlinie zu erhalten. Sämtliche Versuc dauerten wenigstens eine Stunde. Vor Beginn jedes V suches wurde der Beharrungszustand abgewartet.

Versuchsergebnisse

Zahlentafel 6 und Abb. 16 bis 18 zeigen die Erge nisse. Der mechanische Wirkungsgrad η_m wurde a genähert aus der Wärmebilanz bestimmt. Da bei V nachlässigung der Strahlungsverluste und der Verlus durch unvollkommene Verbrennung die Wärme q_r, Abb. der Reibungsarbeit entspricht, so ist der verhältnismäßi Wärmewert der indizierten Arbeit angenähert $q_i \sim$ $+ q_{r\alpha = 1,15}$ und deshalb $\eta_m = \dfrac{q_e}{q_e + q_{r\alpha = 1,15}}$. Hierbei wi weiterhin angenommen, daß die Reibungsarbeit unabhäng von der Belastung ist.

Der Verlauf des Brennstoffverbrauchs B_e [kg/PSeh abhängig vom Belastungsgrad α, ist beim Schnelläuf ähnlich, wie bei andern kompressorlosen Maschinen; d spezifische Ölverbrauch bleibt über ein großes Gebiet d Belastungen fast unveränderlich. Von $\alpha = 1$ bis $\alpha =$ nimmt der Verbrauch nur um 13 vH zu. Die Abga temperaturen t_z [°C] sind durchweg niedrig, der mittle nutzbare Kolbendruck p_e [at] hoch. Bei 15 vH Luftübe schuß ergibt die Maschine im Dauerbetrieb $p_e = 7$ at u damit eine Literleistung $N_e/V_h = 7{,}6$ PSe/l. Hierbei wu den $\eta_{t_e} = \dfrac{632\ N_e}{B\ h_u} \cdot 100 = 30{,}1$ vH der im Brennstoff z geführten chemischen Energie in Nutzarbeit an der We umgesetzt.

Zahlentafel 6. Ergebnisse der Versuche am Dorner-Motor

…such Nr.	1	2	3	4
I. Drehzahl gleichbleibend. Belastung veränderlich.				
…rometerstand b_{15} . . . mm Q.-S.	758	757	757	756
…emslast P . . . kg	35,3	19,8	9,9	0,48
…ehzahl n . . . Uml./min	976	1 050	1 064	1 053
…tzleistung N_e . . . PS	34,5	20,8	10,5	0,50
…lastungsgrad α . . .	1,15	0,694	0,352	0,017
…ttlerer nutzbarer Kolbendruck p_e . . . at	7,00	3,93	1,96	0,090
…ennstoffverbrauch B . . . kg/h	7,20	4,490	2,863	1,780
…ezifischer Brennstoffverbrauch B_e . . . kg/PS$_e$h	0,209	0,216	0,273	3,56
…ftverbrauch (red.) L_r . . . m³/h	105,6	113,5	117	115,2
…schungsverhältnis L_r/B . . . m³/kg	14,67	25,27	40,8	64,7
…ftüberschußzahl λ . . .	1,21	2,09	3,37	5,34
…efergrad η_λ . . .	0,795	0,795	0,808	0,804
…gastemperatur t_z . . . °C	569	405	259	133
…gasmenge m'' . . . Mol/kg	0,632	1,050	1,708	2,685
…tl. Molekularwärme der Abgase $[\mu c_p'']_{t_0}^{t_z}$ kcal/Mol °C	7,69	7,56	7,12	7,05
…gaswärme Q_z . . . kcal/h	19 240	11 620	8 350	4 170
…hlwassertemperatur, Eintritt t_e . . . °C	16	16	17	18
„ , Austritt t_a . . . „	57	79	72	71
…hlwassermenge W . . . kg/h	545	174,6	146,1	80,8
…hlwasserwärme Q_k . . . kcal/h	22 350	11 000	8 190	4 280
…ehmoment M_d . . . mkg	25,3	14,2	7,1	0,34
…ermischer Wirkungsgrad η_{t_e} . . .	0,300	0,290	0,230	0,017
Wärmebilanz:				
…tzarbeit Q_e . . . kcal/h	21 860	13 140	6 650	310
…hlwasserwärme Q_k . . . „	22 350	11 000	8 190	4 280
…gaswärme Q_z . . . „	19 240	11 220	8 350	4 170
…ibung, Strahlung Q_r . . . „	9 350	9 590	5 760	9 230
… Brennstoff zugeführte Wärme $B\,h_u$ . . . „	72 800	45 350	28 950	17 990
…ärmeabfuhr in Bruchteilen der zugeführten Wärme q_e . . .	0,300	0,290	0,230	0,017
q_k . . .	0,307	0,243	0,284	0,238
q_z . . .	0,264	0,256	0,288	0,232
q_r . . .	0,129	0,211	0,198	0,513

…such Nr.	5	6	7	8
II. Drehzahl veränderlich.				
…emslast P . . . kg	26,30	33,84	36,20	35,40
…ehzahl n . . . Uml./min	1091	887	721	471
…tzleistung N_e . . . PS	28,7	30	26,1	16,7
…ttlerer nutzbarer Kolbendruck p_e . . . at	5,21	6,71	7,18	7,02
…ehmoment M_d . . . mkg	18,8	24,2	25,9	25,4
…ennstoffverbrauch B . . . kg/h	5,94	6,19	5,73	3,82
…ezifischer Brennstoffverbrauch B_e . . . kg/PS$_e$h	0,207	0,206	0,220	0,229
…ermischer Wirkungsgrad η_{t_e} . . .	0,303	0,304	0,286	0,274

Aus der Luftmessung folgt, daß bei $n = 1000$ Uml./min f… alle Belastungen gleiche Luftmengen $L_r = 108{,}9$ m³/h (0°, 1 at) angesaugt werden. Demzufolge ist auch der …efergrad der Zylinder $\eta_\lambda = 0{,}80$ unveränderlich. Da …ch die Maschine durch Änderung der eingespritzten Öl…nge der Belastung anpaßt, so steigt die Luftüberschuß…zahl λ nach dem Leerlauf zu bedeutend an.

Für die Beurteilung der thermischen Verhältnisse, …besondere des Verlaufs der Verbrennung, ist es vorteil…haft, den spezifischen Brennstoffverbrauch B_i [kg/PS$_i$h], …n Gemischheizwert $Q_m = \frac{h_u}{1 + \lambda\, L_{\min}}$ [kcal/kg], die Luftüber…schußzahl λ und die Abgastemperatur t_z [°C] abhängig …m mittleren indizierten Kolbendruck p_i [at] darzustellen, Zahlentafel 7 und Abb. 19. Man sieht, daß $B_i =$ 0,146 kg/PS$_i$h, ganz im Gegensatz zur Vergasermaschine, …ür einen großen Belastungsbereich ($\alpha = 1{,}15$ bis 0,30) unveränderlich ist. Hieraus muß man folgern, daß, ob…wohl mit abnehmender Belastung der Luftüberschuß er…heblich ansteigt und dadurch der Gemischheizwert immer …kleiner wird, Zündung und Verbrennung des Schweröles …n den kurzen zur Verfügung stehenden Zeiten rasch …nd sicher verlaufen. Erst bei 3,5fachem Luftüberschuß, entsprechend einem Gemischheizwert von 194 kcal/kg, …nimt B_i infolge schleichender Verbrennung zu, vergl. Abb. 19 und 20.

Für die Dieselmaschine verliert ein Betrieb mit Luftmangel ($\lambda < 1$) seinen Sinn. Denn dann wird die Verbrennung unvollkommen und stark rußend. Während Vergasermaschinen ihre höchste Maschinenleistung infolge Dissoziation des bei der Verbrennung gebildeten Wasserdampfes und der Kohlensäure bei rd. 10 vH Luftmangel, allerdings auf Kosten des Brennstoffverbrauches, erreichen, gibt die kompressorlose Strahleinspritzmaschine ihre Höchstleistung bei ganz geringem Luftüberschuß ($\lambda \sim 1{,}20$) ab; der Gemischheizwert erreicht hierbei fast den Grenzwert $Q_{max} = \frac{h_u}{1 + L_{\min}} = 646$ kcal/kg.

Wie aus Abb. 19 und 20 ersichtlich, arbeitet die Maschine bei der Nennleistung ($\alpha = 1$, $p_i = 8{,}6$ at) mit 50 vH Luftüberschuß und einem Gemischheizwert von

Zahlentafel 7
Einfluß des mittleren indizierten Kolbendruckes auf den Arbeitsprozeß bei unveränderlicher Drehzahl ($n = 1000$ Uml./min)

α . . .	0,017	0,352	0,694	1	1,15
p_e . . . at	0,090	1,96	3,93	6	7
η_m . . .	0,20	0,63	0,69	0,70	0,70
p_i . . . at	0,45	3,11	5,70	8,58	10
B_i . . . kg/PS$_i$h	0,712	0,172	0,145	0,145	0,146
λ . . .	5,34	3,37	2,09	1,50	1,21
Q_m . . . kcal/kg	128	201	320	440	540

Abb. 16
Brennstoffverbrauch B, B_e, mittlerer Kolbendruck p_e, Abgastemperatur t_z, Luftüberschußzahl λ, abhängig vom Belastungsgrad bei gleichbleibender Drehzahl = 1000 Uml./min

440 kcal/kg, während sie bei 15 vH Überlast bei nur 21 vH Luftüberschuß mit einem Gemischheizwert von 540 kcal/kg ohne Schwierigkeit einen mittleren Kolbendruck $p_i = 10$ at erreicht. Bei $p_i = 11$ at liegt mit Rücksicht auf die Ladeluft der Zylinder (Liefergrad $\eta_\lambda = 0{,}80$) die Grenze: hier hätte der Gemischheizwert den Höchstwert $Q_{max} = 646$ kcal/kg.

Diese Grenze kann man nur überschreiten, wenn man η_λ steigert. Könnte man $\eta_\lambda = 1$ erzielen, etwa durch ein besonderes Ladeverfahren, so würde bei 10 vH Luftüberschuß und vollkommener Verbrennung der mittlere indizierte Kolbendruck für Viertakt den Grenzwert

$$p_i = \frac{27\,\eta_\lambda}{B_i\,\lambda\,L_{min}} = 13{,}7 \text{ at}$$

Abb. 17
Nutzleistung N_e, Brennstoffverbrauch B, B_e, Kolbendruck p_e, Drehmoment M_d, thermischer Wirkungsgrad η_{te}, abhängig von der Drehzahl

Abb. 18
Wärmeverteilung, abhängig vom Belastungsgrad bei gleichbleibender Drehzahl ($n = 1000$ Uml./min)

erreichen. Der Gemischheizwert hätte dann auf 591 kcal/kg zugenommen und bliebe nur um 8,5 vH hinter seinem Höchstwert zurück.

Aus den angestellten Betrachtungen folgt, daß die Umsatzgeschwindigkeit der chemischen Energie der Schweröle in Wärme bei richtiger Zerstäubung des Brennstoffes auch bei den kurzen Brennzeiten schnellaufender Maschinen immer genügend groß ist, daß also Leichtöle den Schwerölen in dieser Beziehung nichts voraus haben. Die Grenze für höchste Ausnutzung eines gegebenen Zylindervolumens liegt also nicht in der Brenngeschwindigkeit, sondern bei der Drehzahl, oberhalb deren ohne besonderes Ladeverfahren keine genügende Luftmenge dem Zylinder mehr zugeführt werden kann.

Einen wesentlichen Vorteil gegenüber Vergasermaschinen hat der Dieselschnelläufer darin, daß die Gemischbildung unempfindlich gegen den Grad des Luftüberschusses ist (Abb. 20): von Leerlauf bis Überlast war die Verbrennung in jedem Fall ausgezeichnet, der Auspuff klar, ein Zeichen dafür, daß die Verbrennung richtig verläuft, sobald nur $\lambda > 1$ ist, unbekümmert darum, ob dieser Wert nur wenig ($\lambda = 1{,}21$) oder sehr stark ($\lambda = 5{,}34$) überschritten wird.

Diese Ergebnisse werden durch die bemerkenswert niedrigen Verluste bestätigt, die das Arbeitsverfahren der Maschine aufweist. Zur zahlenmäßigen Ermittlung wird der thermodynamische Wirkungsgrad $\eta_{thermodyn.}$ für die Nennleistung ($\alpha = 1$) bei Nenndrehzahl ($n = 1000$ Uml./min) bestimmt. Hierfür ist (vergl. Abb. 16) $\lambda = 1{,}50$, $\eta_m = 0{,}70$, $p_e = 6$ at, $p_i = 8{,}6$ at. Bedeutet p_i^0 den mittleren indizierten Druck der verlustlosen Maschine, so ist $\eta_{thermodyn.} = p_i / p_i^0$. p_i^0 kann aber aus den für die oben angegebenen Verhältnisse entwickelten PV-Diagrammen der verlustlosen Maschine (vergl. Abb. 8) entnommen werden. Streng genommen ist hierzu die Kenntnis des Kurbelwinkels α_v notwendig, bei dem die Verbrennung in der Maschine beendet ist. Die Größe des thermodynamischen

Abb. 19
Spezifischer Brennstoffverbrauch B_i, Luftüberschußzahl λ, Gemischheizwert Q_m, Abgastemperatur t_z, abhängig vom mittleren indizierten Druck bei gleichbleibender Drehzahl ($n = 1000$ Uml./min)

Abb. 20
Mittlerer Druck p_i, Brennstoffverbrauch B_i,* Liefergrad η_λ, thermischer Wirkungsgrad η_{t_e}, Gemischheizwert Q_m, Abgastemperatur t_z, abhängig von der Luftüberschußzahl bei gleichbleibender Drehzahl ($n = 1000$ Uml./min)

irkungsgrades $\eta_{\text{thermodyn.}}$ und der verhältnismäßigen erluste $\zeta = 1 - \eta_{\text{thermodyn.}}$ hängt mithin von der Brenn-eschwindigkeit ab. Es ist für

$\alpha_v = 0°$ $p_i^0 = 12{,}1$ at $\eta_{\text{thermodyn.}} = 0{,}71$ $\zeta = 0{,}29$
$= 15°$ $= 11{,}3$ at $= 0{,}76$ $= 0{,}24$
$= 30°$ $= 10{,}4$ at $= 0{,}83$ $= 0{,}17$

Auf Grund der beim Versuch gemessenen niedrigen bgastemperaturen muß die Maschine mit großem Expan-onsverhältnis der verbrannten Ladung gearbeitet haben, emnach α_v klein gewesen sein. Für $\alpha_v = 12°$ ergibt sich $= 0{,}25$, $\eta_{\text{thermodyn.}} = 0{,}75$ und $p_i^0 = 11{,}4$ at. Die Zeit, nerhalb der der Druck vom Enddruck 30 at abs der erdichtung auf den Höchstwert 61 at abs steigt, wird

$$z_v = \frac{60}{n} \frac{\alpha_v}{360} = 0{,}002 \text{ s}.$$

us Abb. 9 folgt für $z_v = 0{,}002$ s als Wirkungsgrad der erlustlosen Maschine $\eta_v = 0{,}56$. Der thermische Wir-ungsgrad der Maschine, bezogen auf die indizierte Lei-ung, ist mithin $\eta_{t_i} = \eta_v \, \eta_{\text{thermodyn.}} = 0{,}56 \cdot 0{,}75 = 0{,}42$, be-ogen auf die Nutzleistung $\eta_{t_e} = \eta_{t_i} \, \eta_m = 0{,}42 \cdot 0{,}70 = 0{,}294$, nd die verhältnismäßigen Verluste sind $\zeta = 0{,}25$. Wenn ich mangels eines genauen Indikatordiagrammes α_v nicht enau angegeben werden kann, so zeigt die Betrachtung och, daß die gesamten Arbeitsverluste der untersuchten aschine bei voller Belastung und normaler Drehzahl l. ein Viertel der theoretisch möglichen Arbeit betragen. ergleicht man hiernach den Diesel-Schnelläufer mit der üher von mir untersuchten ortfesten Lufteinblase-aschine[5]), so erkennt man, daß trotz des großen Unter-hiedes in der Drehzahl und im Arbeitsverfahren die erluste beider Maschinen gleich sind.

Diese Tatsache beleuchtet am besten den großen Fort-hritt, den die Entwicklung der Dieselmaschine auf ihrem eg über die kompressorlose Maschine zur raschlaufen-n Fahrzeugmaschine genommen hat. Die Kennlinien s Diesel-Schnelläufers, vergl. Zahlentafel 8, Abb. 17 nd 21, Nutzleistung und Drehmoment abhängig von der rehzahl, $N_e = f(n)$ und $M_d = \varphi(n)$, zeigen, daß die öchstleistung bei der Nenndrehzahl $n = 1000$ Uml./min reicht wird, bis zu der N_e proportional mit n anwächst. in wesentlicher Vorteil gegenüber Vergasermaschinen be-eht darin, daß die Gemischbildung unabhängig von der rehzahl ist. Es bedarf beim Dieselverfahren keinerlei ußerer Eingriffe, wie beim Betrieb von Leichtöl-aschinen, um Gemischbildung und Verbrennung den echselnden Betriebsbedingungen anzupassen.

[5]) Vergl. Z. Bd. 67 (1923) S. 282.

Abb. 21
Literleistung, Luftmenge L, Liefergrad η_λ, Gemischheizwert Q_m, Luftüberschußzahl λ, abhängig von der Drehzahl.

Mit steigender Drehzahl treten beim Diesel-Schnellläufer dagegen einige andre bemerkenswerte Erscheinungen hervor, Abb. 21. Obschon der Liefergrad η_λ mit wachsender Drehzahl sinkt, nimmt die Luftüberschußzahl λ bis zur Nenndrehzahl zu und demzufolge der Gemischheizwert $\frac{h_u}{1 + \lambda L_{\min}}$ ab. Obgleich die bei jedem Arbeitsspiel angesaugte Luftmenge kleiner wird, wächst die spezifische Luftmenge $L/B = \lambda L_{\min}$, da mit steigender Drehzahl offenbar die Wirbelung im Zylinder verstärkt und hierdurch die Brenngeschwindigkeit des Brennstoffnebels wesentlich vergrößert wird, was mit der besseren Ausnutzung des Sauerstoffes der Ladeluft zusammenhängt.

Das Ansteigen des spezifischen Brennstoffverbrauches B_e [kg/PS$_e$h] von seinem Kleinstwert bei der Nenndrehzahl nach der Seite $n < 1000$ Uml./min wird durch die Verschlechterung der Verbrennung infolge geringerer Turbulenz im Brennraum hervorgerufen, während die Zunahme des Verbrauchs nach der Seite $n > 1000$ Uml./min durch die rasche Annäherung an die theoretische Luftmenge, $\lambda = 1$, bedingt wird. Der flache Verlauf von $B_e = f(n)$, Abb. 17 zeigt jedoch, daß der spezifische Brennstoffverbrauch nur in geringem Maße von der Drehzahl abhängt. Bei allen Drehzahlen war Luftüberschuß vorhanden. Demzufolge lag der Gemischheizwert immer unter $Q_{\max} = 646$ kcal/kg, und deshalb war auch bei niedrigster Drehzahl die Zündung immer zuverlässig.

Das Arbeitsverfahren des Diesel-Schnelläufers ist also geeignet, Schweröle wirtschaftlich in raschlaufenden Fahrzeugmaschinen zu verbrennen. Die bereits erreichte konstruktive Durchbildung läßt erhoffen, daß die Zeit nicht fern ist, wo diese neue Maschinenart allgemein in den Verkehr eingeführt werden kann. [B 127]

Zahlentafel 8
Kennlinien des Diesel-Schnelläufers

n . . . . . . Uml./min	471	721	887	1000	1091
η_λ	0,92	0,88	0,84	0,80	0,72
L . . . . kg/h	67,4	104,1	127,1	131,5	126,9
λ	1,21	1,25	1,40	1,50	1,46
Q_m . . . . . . kcal	542	526	470	441	452
$\frac{N_e}{4 V_h}$ . . . . . PS/l	3,69	5,78	6,61	6,74	6,33

Die Neckarkanalisierung von Mannheim bis Plochingen[1]

Der Ausbau des Neckars von Mannheim bis Plochingen bezweckt eine gründliche Verbesserung der Schiffahrtsverhältnisse auf der 114 km langen Strecke von Mannheim bis Heilbronn, wo seither schon ein nicht unbedeutender Verkehr mit Schiffen bis zu 400 t Ladefähigkeit vorhanden ist, ferner die Wiedereinführung der Schiffahrt auf der 65 km langen Strecke von Heilbronn bis Kannstatt bei Stuttgart, wo bis zur Einführung der Eisenbahn die Schiffahrt mit Kähnen bis zu 100 t Nutzlast betrieben wurde und heute noch die alten Kammerschleusen und Schiffsgassen vorhanden sind, und weiterhin die Ausgestaltung des Flusses für die Großschiffahrt auch in der 21 km langen Strecke Kannstatt — Plochingen, an deren Endpunkt mehrere bedeutende Eisenbahnlinien zusammenlaufen und günstige Verhältnisse für den Güterumschlag vorliegen.

Gleichzeitig werden mit dem Ausbau des Neckars von Mannheim bis Plochingen zum Großschiffahrtsweg die in dem Fluß noch freien Wasserkräfte nutzbar gemacht und aus den Überschüssen vom Erlös der Kraftanlagen die Bau- und Betriebkosten der Schiffahrtstraße verringert.

Der vorliegende Bauentwurf für den Ausbau des Neckars von Mannheim bis Plochingen sieht daher vor, daß künftighin auch bei der kleinsten Wasserführung des Flusses für die Schiffahrt 2,50 m Mindestwassertiefe vorhanden ist und überall Schiffsbegegnungen ohne weiteres möglich sind. Um dies zu erreichen, sollen Stauanlagen gebaut werden, die nötigenfalls mittels mäßiger Baggerungen 2,5 m Wassertiefe an den Enden der Stauräume schaffen.

Das Gefälle des Neckars beträgt von Plochingen bis zu seiner Mündung in den Rhein bei Mannheim 160,74 m und wird durch den Einbau von neuen Wehren und die Belassung bereits bestehender Stauanlagen in 26 Staustufen aufgeteilt, deren Höhe zwischen 2,60 und 11,10 m sich bewegt. Die längste dieser Staustufen mißt 13,88 km, die kürzeste 2,60 km; die mittlere Länge beträgt 7,8 km.

Eine solche Staustufe besteht aus dem Wehr, der Schleuse samt Vorhäfen und dem Turbinenhaus nebst Zu- und Ablaufkanal. In der Hauptsache verbleibt der Schiffahrtsweg im Neckarbett. Seitenkanäle zwischen Wehr und Schleuse oder Turbinenhaus werden nur dort angeordnet, wo besondere Gründe dafür vorliegen. Die Gesamtlänge des Neckars von Mannheim bis Plochingen beträgt heute 212 km. Durch den Bau von Seitenkanälen und das Abschneiden von Flußschleifen wird der künftige Großschiffahrtweg rd. 200 km lang; davon entfallen auf die Seitenkanäle einschließlich Schleusen und deren Vorhäfen rd. 44 km. Die zweischiffig anzulegenden Seitenkanäle erhalten bei 3,20 m Wassertiefe 27 m Breite und werden weitergehend nach Tiefe und Breite so vergrößert, daß dort, wo sie auch das Wasser den Turbinen (bis zu 100 m³/s) zuführen, die mittlere Profilgeschwindigkeit nicht über 0,6 bis 0,7 m/s hinausgeht. Im übrigen sind die einzelnen Bauwerke für Schiffe von höchstens 80 m Länge, 10,25 m Breite und 2,30 m Tauchtiefe, deren Tragfähigkeit bei voller Beladung 1340 t beträgt, bemessen; diese Schiffe haben bei 2 m mittlerem Tiefgang 1200 t Ladefähigkeit.

Die W e h r e der einzelnen Staustufen werden durchweg mit beweglichen Verschlußkörpern von tunlichst großen Längenabmessungen zwischen den einzelnen Pfeilern ausgeführt, damit bei Hochwasser das ganze Flußprofil freigemacht werden kann; die festen Wehrrücken liegen in der Höhe der Flußsohle. Die Verschlußkörper werden als Walzen-, Schützen- und Segmentkonstruktionen mit Einzellängen bis zu 45 m und Höhen bis zu 7 m ausgeführt.

Die als Kammerschleusen zu erbauenden S c h l e u s e n erhalten zur Aufnahme eines Schiffszuges, der im allgemeinen aus einem 1200 t-Kahn oder zwei kleineren Kähnen und dem freifahrenden Schlepper besteht, 110 m nutzbare Länge, 12 m Kammerbreite und 3,20 m Drempeltiefe. Die Verschlüsse der Schleusenhäupter werden je nach den örtlichen Verhältnissen als zweiflügelige Stemm- oder Schlagtore oder als Hubtore ausgeführt. Nach den angestellten Berechnungen kann mit einer Schleuse in 280 Tagen mit durchschnittlich 14stündigem Betrieb ein Jahresverkehr von 4,5 Mill. t bewältigt werden; im Falle der Steigerung dieser Verkehrsmenge ist die Anlage einer zweiten Schleuse neben der ersten in Aussicht genommen. An den Staustufen Ladenburg und Heidelberg wird die zweite Schleuse von vornherein ausgeführt.

Die S e i t e n k a n ä l e werden in der Sohle durch einen 40 cm dicken Lehmschlag gedichtet, darüber kommt zum Schutz gegen Ankerschäden eine Kiesschicht von 80 cm Höhe; die 1 : 1,5 geneigten Böschungen erhalten im unteren Teil eine 20 cm dicke Betonabdeckung auf kräftigem Betonfuß und am Wasseranschnitt ein Steinpflaster auf Beton.

Die W a s s e r k r a f t w e r k e werden teils mit drei teils mit zwei Maschinensätzen ausgestattet. Nach Abzug der abzulösenden Ersatzkräfte werden in den neuen Turbinenanlagen durchschnittlich 60 000 PS oder jährlich 350 Millionen kWh elektrischer Energie nutzbar gemacht werden.

Mit den B a u a r b e i t e n für die Neckarkanalisierung ist im Jahre 1921 begonnen worden. Nach dem ursprünglichen Bauprogramm sollte die ganze Strecke von Mannheim bis Plochingen im Jahre 1935 fertiggestellt sein. Allein die Inflation und die durch sie entstandenen Schwierigkeiten auf dem Gebiete der Beschaffung der erforderlichen Baugelder hat auch hier zur Verlangsamung des Bauens gezwungen. Nach dem neuerdings aufgestellten Plan für den Baufortgang soll bis zum Jahr 1935 die Strecke Mannheim — Heilbronn für die Großschiffahrt in Betrieb genommen werden können. Bis jetzt sind fertiggestellt die Staustufen Wieblingen unterhalb Heidelberg und Neckarsulm — Kochendorf unterhalb Heilbronn sowie Untertürkheim und Obertürkheim zwischen Stuttgart und Kannstatt und Eßlingen; im Sommer 1927 kann die unterste Staustufe Ladenburg, in Betrieb genommen werden. Damit werden von der Gesamtlänge der Strecke Mannheim — Plochingen mit rd. 200 km rd. 44 km Großschiffahrtsweg sowie drei größere Wasserkraftwerke mit einer Jahreserzeugung von rd. 90 Mill. kWh elektrischer Energie fertiggestellt sein.

Mit dem Bau der Staustufe Heidelberg wird in diesem Jahr begonnen werden. Außerdem ist in Aussicht genommen, im Jahre 1927 noch die in der Inflationszeit stillgelegten Arbeiten an den Staustufen Horkheim und Obereßlingen zu vollenden und die Stufen Kannstatt und Münster in Angriff zu nehmen. Hierdurch würden vor allem auch die äußerst mißlichen Hochwasser-Abflußverhältnisse des Neckars im Bereich von Groß-Stuttgart beseitigt werden. Die Staustufen oberhalb Heilbronn sollen zunächst als Kraftanlagen und Flußlaufverbesserungen nach dem Gesamtentwurf für die Neckarkanalisierung, jedoch ohne die Schleusen für die Großschiffahrt, ausgeführt werden.

[N 360]

[1] Auszug aus dem Vortrag von Strombaudirektor K o n z, Stuttgart, in der ordentlichen Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1927; vergl. S. 787 dieses Heftes.

Die Gestaltung der Brücken

Ein Beitrag zur neuzeitlichen Entwicklung der deutschen Brückenbaukunst[1]

Der Wettbewerb für die neue Rheinbrücke in Köln-Mülheim hat über die Grenzen Deutschlands und über die Kreise der Fachwelt hinaus Beachtung gefunden. Er ist nicht nur Gradmesser deutscher Ingenieurarbeit, sondern auch Spiegel unsrer Baugesinnung. Will man den heutigen Stand des deutschen Brückenbaues und das Wesen der neuzeitlichen Entwicklung in einem kurzen Vortrag klarlegen, so darf man sich nicht in technische Einzelheiten verlieren, so wichtig und bedeutungsvoll sie auch sein mögen. Entscheidend ist die Gestaltung der Brücken als Ganzes.

Die Brücke ist zu allen Zeiten als Kunstwerk empfunden worden. Durch die stürmische technische Entwicklung im 19. Jahrhundert wurden jedoch die künstlerischen Gesichtspunkte zurückgedrängt. Man sah im Brückenbau mehr und mehr eine ingenieurtechnische Aufgabe. Mit der zunehmenden Beherrschung der Hilfsmittel von Wissenschaft und Technik traten wirtschaftliche Erwägungen in den Vordergrund. In jüngster Zeit hat sich die Anschauung von der künstlerischen Bedeutung der Brücke wieder allgemein durchgesetzt. Man will sich nicht mehr mit der reinen Zweckmäßigkeit der Erfüllung technischer und wirtschaftlicher Forderungen begnügen, sondern erwartet, daß die Ingenieurbauwerke „künstlerisch“ gestaltet werden.

Wegen ihrer beherrschenden Stellung im Landschafts- und Stadtbild gehören die Brücken zu den augenfälligsten Schöpfungen der Baukunst. An charakteristischen Beispielen aus alter und neuer Zeit wird die Entwicklung der Brückenbaukunst gezeigt und unsre derzeitige Stellungnahme zur Gestaltung gekennzeichnet. Der Kölner Wettbewerb zeugt von hoher baukünstlerischer Auffassung der Aufgabe.

[N 465]

[1] Auszug aus dem Vortrag von Dr.-Ing. K. Schächterle, Stuttgart, in der ordentlichen Mitgliederversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen anläßlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1927; vergl. S. 787 dieses Heftes.

Entwurf für das Schiffshebewerk bei Niederfinow[1)]

Von Ministerialrat Dr.-Ing. Ellerbeck, Berlin

Vorgetragen in der ordentlichen Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Bauingenieurwesen anläßlich der Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927.

Die bestehenden Schiffshebewerke und die älteren Entwürfe zu einem Schiffshebewerk bei Niederfinow mit 36 m Hubhöhe. — Der von der Reichswasserstraßenverwaltung neuerdings für dieses Hebewerk aufgestellte Entwurf. — Der Schiffstrog soll 85 m Länge und 12 m nutzbare Breite erhalten. Zum Gewichtausgleich sollen zahlreiche Gegengewichte an Drahtseilen dienen, der Antrieb durch ein federnd gelagertes Ritzel, das an einer Zahnstockleiter arbeitet, und die Sperrung durch eine kurze Schraubenspindel erfolgen. Das Troggerüst soll aus Eisen errichtet werden. Zum Anschluß an die obere Haltung dient eine eiserne Kanalbrücke. Trog und Haltungen sind durch Hubtore abgeschlossen.

Neuester Entwurf des Schiffshebewerks Niederfinow

Wie bereits früher in dieser Zeitschrift berichtet wurde[2)], steigt der Hohenzollernkanal bei Niederfinow von seiner Scheitelhaltung in das Tal er Alten Oder hinab, wobei ein Höhenunterschied von 6 m zu überwinden ist. Es war auf Grund des preußi-chen Wasserstraßengesetzes vom 1. April 1905 in Aus-cht genommen, dort eine Schleusentreppe und neben eser eine geneigte Ebene, ein Schiffshebewerk oder ne zweite Schleusentreppe zu errichten. Die Schleusen-eppe wurde alsbald erbaut und 1914 in Betrieb genommen[3)]; sie besteht aus vier Stufen von je 9 m Gefälle, s. den Lageplan, Abb. 1, oberen Arm. Die Schleusentreppe weist indes bauliche Mängel auf, die schon zu störenden Unterbrechungen der Schiffahrt geführt haben, daher ist nunmehr die Errichtung eines zweiten Abstiegbauwerks besonders dringend. Nach Fertigstellung des zweiten Abstiegs wird man die Schleusentreppe zeitweilig außer Betrieb nehmen und instandsetzen müssen.

Die langwierigen Untersuchungen darüber, ob als zweites Abstiegbauwerk eine geneigte Ebene, die man anfänglich für zweckmäßig hielt, ein Schiffshebewerk oder eine zweite Schleusentreppe zu wählen sei, haben zu dem

[1)] Eine ausführliche Veröffentlichung darüber, insbesondere auch er die geschichtliche Entwicklung der Entwurfarbeiten, findet sich „Bautechnik" Bd. 5 (1927) Heft 23.

[2)] Z. Bd. 57 (1913) S. 1331.

[3)] Vergl. Z. Bd. 58 (1914) S. 88 u. 130.

Abb. 1. Lageplan der Schleusentreppe und des geplanten Schiffshebewerks bei Niederfinow

a Dienstgehöfte
b Dienstgebäude der Bauleitung
c Werkstätten
d Barackenlager
e Sicherheitstor Kanalbrücke
g Wasserbehälter
h Eisablaß
i Bisherige Straße
k Notstraße
l Windschutzpflanzungen

Ergebnis geführt, daß aus technischen und wirtschaftlichen Gründen ein Schiffshebewerk an der im Lageplan bezeichneten Stelle den Vorzug verdient.

Vorbilder für das neue Hebewerk

Für die Aufstellung des Entwurfs zu einem Schiffshebewerk kamen die bestehenden Hebewerke als Vorbilder nur in ganz beschränktem Umfange in Betracht, da ihre Abmessungen wesentlich geringer sind und da bei Niederfinow ungewöhnlich ungünstige Bodenverhältnisse vorliegen. Das kleine, bereits 1838 errichtete Hebewerk im Grand Western-Kanal in England, hebt nur ganz kleine Schiffe. Hydaulische Hebewerke, wie solche bei Les Fontinettes in Frankreich[4]), im Canal du Centre in Belgien[4]) und im Trent-Kanal in Kanada[5]) errichtet sind, erscheinen für sehr große Lasten, bei denen man den Trog auf mehrere Wasserdruckkolben setzen müßte, nicht geeignet. Das ehemals hydraulische Hebewerk in Anderton in England[6]), das 1906 in ein Hebewerk mit Ausgleich durch Gegengewichte an Drahtseilen umgebaut ist, käme hinsichtlich seiner Anordnung noch in erster Linie als Vorbild in Betracht, seine Troglast beträgt aber weniger als $^1/_{15}$ der für Niederfinow erforderlichen, die Hubhöhe nur rd. 15 m gegen 36 m.

Das bedeutendste der bestehenden Schiffshebewerke, bei Henrichenburg[7]), hat einen Trog von 68 m Länge, 8,6 m nutzbarer Breite und 2,5 m Wassertiefe, entsprechend 1550 m³ Wasserfüllung. Bei Niederfinow soll nach den neueren Festsetzungen der Trog 85 m Länge und 12 m nutzbare Breite erhalten, geeignet für vier Finowkähne oder für einen 1000 t-Kahn; die Trogfüllung beträgt demgemäß 2600 t, das sind rd. fünf Drittel der in Henrichenburg zu hebenden Wasserfüllung. Der Henrichenburger Trog ruht bekanntlich auf fünf Tauchzylindern, die sich in Schächten um die 14 m betragende Hubhöhe auf- und abbewegen. Diese Schächte haben 28 m Tiefe und sind in Felsboden eingebracht. Wollte man sie für Niederfinow nachbilden, so müßten sie bei 36 m Hubhöhe etwa 50 m Tiefe erhalten und in ungünstigem Baugrund, etwa mittels Gefrierverfahrens, abgeteuft werden. Dem stehen außerordentlich große Schwierigkeiten entgegen. In Henrichenburg erfolgen Antrieb und Sperrung durch Schraubenspindeln; auch diese wird man für die wesentlich größere Hubhöhe in Niederfinow nicht wohl nachbilden können (vergl. weiter unten).

Von älteren, nicht ausgeführten Hebewerkentwürfen kommt als Vorbild in erster Linie der von Haniel & Lueg im Wettbewerb für den Donau-Moldau-Elbe-Kanal 1895 eingereichte Entwurf zu einem Hebewerk für 25 m Hub[8]) in Betracht, der lotrechte Trogbewegung, Ausgleich durch Gegengewichte an Drahtseilen und Spindelantrieb vorsah. Der bemerkenswerte Wettbewerbentwurf zeigt viel Übereinstimmung mit dem im folgenden erörterten neuen Entwurf. Er zeigt insbesondere auch schon dessen Hauptvorteile: Trog und Gegengewichte bewegen sich nur lotrecht, die bewegten Teile sind auf ein Mindestmaß beschränkt, wegen der weitgehenden Unterteilung haben Gegengewichte, Seile, Rollen, Rollenlager usw. im einzelnen verhältnismäßig nicht sehr große Abmessungen und sind in vielfacher Wiederkehr einander gleich, die Belastung des Baugrundes ist günstig verteilt und unveränderlich. Aber auch der Hauptnachteil ist beiden Entwürfen gemeinsam: die Vielheit der bewegten Teile. Auch damals schon sollte die Gleichgewichtsstörung, die durch das Gewicht der sich abrollenden Drahtseile herbeigeführt wird, ausgeglichen werden. Die umlaufenden Spindeln sollten wie in Henrichenburg wirken.

Die verschiedenen Entwürfe für Niederfinow

Ein um 1900 von Jebens in Verbindung mit Haniel und Lueg eingereichter Entwurf für das Hebewerk bei Niederfinow sieht eine ähnliche Anordnung für 36 m Hubhöhe vor, doch sollten die Gegengewichte nicht so weit unterteilt, sondern auf den Führungstürmen für die Spindeln zusammengezogen werden, was übrigens naheliegende Erschwernisse bedingt. Ein Gewichtausgleich für die ablaufenden Drahtseile war nicht vorgesehen. Die Spindeln sollten nicht umlaufen, sondern feststehen. Der Vorschlag wurde indes nicht angenommen, vielmehr wurde 1906 zur Gewinnung eines geeigneten Entwurfs für den Abstieg unter bedeutenden deutschen Firmen ein Wettbewerb veranstaltet. Zu diesem Wettbewerb gingen ein:

1. Von Haniel & Lueg der Entwurf zu einem Hebewerk mit 8 Schwinghebeln (Wagebalken) auf Schwimmzylindern. Der Trog sollte mit den Schwinghebeln starr verbunden werden.
2. Von der gleichen Firma ein Entwurf nach Henrichenburger Vorbild.
3. Von der Gutehoffnungshütte der Entwurf zu einem Schraubenturm nach dem Patent Oelhafen—Löhle, DRP Nr. 160 582[9]).
4. Von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg der Entwurf zu einem Hubzylinder (Hubtrommel) in Anlehnung an den in dem internationalen Wettbewerb für ein Hebewerk mit 36 m Hub bei Prerau im Donau-Oder-Kanal[10]) mit dem zweiten Preise ausgezeichneten Entwurf des Ingenieurs Umlauf in Wien. Die MAN hat den Entwurf später verlassen.
5. Von den Felten & Guilleaume-Lahmayer-Werken ein Hebewerk mit Längsförderung über trokkenen Scheitel nach Bauart Röder. Zum Gewichtausgleich dienen Gegengewichte an Drahtseilen.
6. Von Beuchelt & Co. der Entwurf zu einem Schiffshebewerk mit sechs Wagebalken nach Schnapp—Bruno Schulz, DRP Nr. 205 577[10a]). Da die Wagebalken um eine feste Achse schwingen, beschreiben die Aufhängepunkte des Troges Kreisbogen; der Trog ist gelenkig aufgehängt und wird so geführt, daß er stets seine lotrechte Lage behält. Zur Regelung der Bewegung dienen drei Bremsschaufeln, die sich in wassergefüllten Kammern um eine Achse derart bewegen, daß zwischen Schaufel und Kammerwand ein schmaler Spalt verbleibt. Dieser Entwurf fand wohl am meisten Beachtung.
7. Außerdem drei Entwürfe zu geneigten Ebenen und ein Entwurf zu einer Sparschleuse.

Die Wettbewerbentwürfe wurden nach Prüfung durch die Bauverwaltung der Akademie des Bauwesens zur Begutachtung vorgelegt. Die Akademie empfahl in ihrem Gutachten vom 16. Oktober 1907 keinen der vorgelegten Entwürfe zur unmittelbaren Ausführung, erklärte aber, daß bei einem zu erwartenden Verkehr von über 3 Mill. t zweckmäßig eine Schleusentreppe und daneben ein Hebewerk zu errichten sei, womit vor allem auch die Überlegenheit eines Hebewerks vor einer geneigten Ebene für den vorliegenden Fall anerkannt wird, und empfahl für das Hebewerk die folgenden Grundgedanken: a) einfache senkrechte Hebung mit Schraubenspindelführung und Gegengewichten oder sonstigem zweckmäßigen Gewichtausgleich; b) schwingende Hebung durch Wagebalken in sicherer Führung; c) halbkreisförmige Hebung durch eine schwimmende Trommel mit gesichertem Antrieb.

Die Bauverwaltung folgte diesem Gutachten und veranlaßte die drei Firmen Haniel & Lueg, MAN und Beuchelt & Co. zur Weiterbearbeitung der drei Grundgedanken, indem sie ihnen anheimstellte, falls es ihnen gelingen sollte, eine einwandfreie Lösung zu finden, nach Ablauf von drei Jahren Mitteilung zu machen. Später wurde auch der Gutehoffnungshütte auf ihren Antrag gestattet, sich zu beteiligen.

Dieser weitere Wettbewerb fand erst 1912 seinen Abschluß. Das Ergebnis war:

Haniel & Lueg verzichteten auf Einreichung eines Vorschlags zugunsten des Entwurfs der Firma Beuchelt, an dem sie sodann mitarbeiteten.

---

[4]) Z. Bd. 34 (1890) S. 230.
[5]) Z. Bd. 48 (1904) S. 326, 1589, Bd. 51 (1907) S. 799, Bd. 60 (1916) S. 801.
[6]) Z. Bd. 53 (1909) S. 164, „The Engineer" Bd. 106 (1908) S. 82, „Engineering News Record" Bd. 60 (1908) S. 616.
[7]) Z. Bd. 40 (1896) S. 57 u. f., Bd. 43 (1899) S. 941, Ztschr. f. Bauw. Bd. 51 (1901) S. 278, Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 15 (1895) S. 509, Bd. 16 (1896) S. 308.
[8]) Riedler, Neuere Schiffshebewerke. Berlin 1897.
[9]) Deutsche Bauzeitung Bd. 41 (1907) S. 702.
[10]) Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 25 (1905) S. 125, Deutsche Bauzeitung Bd. 39 (1905) S. 37.
[10a]) Z. Bd. 57 (1913) S. 436.

Die MAN zog ihren Hubzylinderentwurf zurück zugunsten eines Entwurfs mit Querförderung über rockenen Scheitel mit Wagebalken auf verschieblichem Schwimmer[11]). Beuchelt & Co. reichten einen neuen Entwurf mit Ausgleich durch Gegengewichte an Wagebalken ein[12]). Der Entwurf entspricht in seinen Grundgedanken demjenigen von 1906, doch sind im Gegensatz zu diesem die Bremsschaufeln mit dem Anschlußstab starr verbunden und durch ein Gelenkparallelogramm geführt. Zum Antrieb dienen Ritzel.

Die Gutehoffnungshütte legte zusammen mit Dyckerhoff & Widmann, den Siemens-Schuckertwerken und der Deutschen Maschinenfabrik A.-G. (Demag) einen Entwurf vor mit Längsförderung über trockenen Scheitel nach Bauart Röder. Da indes dieser Entwurf keine Zustimmung fand, reichte genannte Firmenverbindung einen wesentlich einfacheren Entwurf mit lotrechter Trogbewegung und mit Gegengewichten an Drahtseilen ein, der mit dem Wettbewerbsentwurf der Firma Haniel & Lueg von 1895 viel Übereinstimmung zeigt. Der Trog und 160 Gegengewichte hängen an 160 Drahtseilen, die ursprünglich über 320 Rollen von 2 m Dmr. laufen sollten; später wurde vorgeschlagen, jedes Seil nur über eine Rolle zu führen. Die Seile bestanden aus 288 Drähten von je 2,3 mm Dicke. Ein Ausgleich für das Gewicht der abrollenden Drahtseile war nicht vorgesehen. Die Gewichte sind zu Gruppen von je zehn zusammengefaßt, derart, daß beim Bruch eines Seiles die übrigen neun das Gegengewicht tragen. Zum Antrieb, zur Parallelführung und Sperrung bei Trogleerlauf dienen 4 × 4 Gallsche Ketten in endloser Anordnung[13]), die unten über Leitrollen, oben über die Antriebzahnräder laufen. Die Belastung von vier Ketten einer Ecke wird durch Ausgleichhebel gleichförmig gestaltet. An jedem der acht, oder nach späterem Vorschlag 16 Getriebeblöcke sollen eine Magnetbremse als Fallgewichtbremse und eine durch Druckluft betätigte Sicherheitsbremse wirken. Diese Bremsen sollten auch bei Trogleerlauf zur Sperrung dienen

Das Hubgerüst sollte aus Eisenbeton hergestellt werden, da dieser Baustoff durch seine größere Masse Erschütterungen besser aufzunehmen vermag und, wie in dem Entwurf besonders betont, eine bessere architektonische Wirkung erzielen läßt. Man erwartete davon auch eine wesentliche Verminderung der Erhaltungskosten.

Auch diese drei Entwürfe wurden der Akademie des Bauwesens zur Begutachtung unterbreitet. Die Akademie erstattete zwei Gutachten am 12. Juli und 27. Dezember 1912. In dem zweiten wird ausgeführt, daß die vorgeschlagenen Wege, bei vollständiger Durcharbeitung im einzelnen, sämtlich zu dem Ziele führen würden, ein betriebsicheres Hebewerk zu schaffen, daß aber nach Ansicht der Akademie demjenigen der Firma Beuchelt der Vorzug zu geben sei. Dementsprechend wurde bekanntlich der Bau eines Hebewerks nach dem Beucheltschen Vorschlag in Aussicht genommen; der Krieg unterbrach die vorbereitenden Arbeiten.

Der Entwurf bot verschiedene technische Schwierigkeiten: Die Lager waren sehr hoch belastet und hätten beim Übergang zu größeren Trogabmessungen noch erheblich größere Lasten tragen müssen; die schwingenden Wagebalken bildeten eine große Masse, die starkem Winddruck ausgesetzt war. Die Betriebsicherheit war von einer genauen Ausrichtung der Lager und damit von etwaigen Ungleichförmigkeiten in der Senkung des Baugrundes abhängig. Dem Fehlen einer besonderen Festhaltevorrichtung für den Fall des Trogleerlaufs stand der Vorteil gegenüber, daß die Bremsschaufeln der Entstehung von Beschleunigungen wirksam entgegenarbeiten. Den ersten Anlaß zu einer Abänderung des Entwurfes aber gaben wirtschaftliche Erwägungen.

Nach einem Entwurf, den Bruno Schulz im Einvernehmen mit der Firma Beuchelt & Co. einreichte[14]), sollten die Wagebalken auf Pendelstützen gelagert werden, derart, daß ihre Drehachse eine kleine seitliche Bewegung machen und infolgedessen der Trog vollkommen lotrecht geführt werden kann.

Zum Antrieb, zum Bremsen und zum Sperren bei außergewöhnlichen Gleichgewichtstörungen dienen Schraubenspindeln. Eine solche Anordnung ermöglicht eine lotrechte Trogbewegung, macht das Bauwerk von dem Einfluß etwaiger Bodensenkungen beinahe unabhängig und führt zu einer Kostenersparnis. Der in die Wagebalkenachse fallende Schwerpunkt der bewegten Massen beschreibt aber nicht ganz eine Wagerechte, sondern einen flachen Kreisbogen. Diese Abweichung führt doch schon zu einer unerträglich großen Gleichgewichtstörung[15]).

Um dem abzuhelfen, wurden verschiedene Abänderungsvorschläge zur Erwägung gestellt, die aber auch nicht zu befriedigenden Lösungen führten. Schließlich entschloß sich die Bauverwaltung, auf die Anwendung von Wagebalken ganz zu verzichten, wofür in erster Linie die Nachteile maßgebend waren, die den Wagebalkenhebewerken der besprochenen Art gemeinsam sind.

Besonders sind dies die überaus große, infolge der Vergrößerung der Trogabmessungen noch erhöhte Belastung der Wagebalkenlager, deren Bedeutung bei den später ausgeführten Versuchen übrigens noch weit mehr in Erscheinung getreten ist, und die Vermehrung der bewegten Massen durch die riesigen schwingenden Wagebalken. Man untersuchte nunmehr den Ausgleich durch Gegengewichte an Drahtseilen mit möglichst weitgehender Unterteilung. Wie soeben erwähnt, hatte die Gutehoffnungshütte im Verein mit andern bedeutenden Firmen bereits 1912 einen Entwurf mit einem solchen Gewichtausgleich vorgelegt. Diese Firmenvereinigung reichte später einen auf ähnlicher Grundlage neu bearbeiteten Vorschlag ein. Der Schiffstrog ist nunmehr 85 m lang und 12 m breit und hängt an 216 Seilen von 56 mm Dmr.; von 12 Seilen tragen jedesmal 10 die Gegengewichte, die andern einen Rahmen, der bei Seilbruch die abgestürzten Gewichte aufnehmen kann. Die Seile, über denen Holzpappdächer angeordnet sind, sind durch Kauschen angeschlossen, ihre Rollen haben 2 m Dmr. und laufen mit bronzenen Büchsen auf stählernen Zapfen.

Zum Antrieb, zur Parallelführung und zur Sperrung bei Trogleerlauf dienen, wie in Henrichenburg, umlaufende Spindeln, die aus einem Stück von etwa 46 m Länge bestehen sollten. Die Gewinde sind doppelgängig geschnitten, die bronzenen Spindelmuttern in Haltern aus Stahl kugelig gelagert. Die Spindeln sind durch bewegliche Lagerung des Troges gegen Biegungsbeanspruchungen durch die Mutter geschützt. Sie werden durch vier Gleichstrommotoren von je 200 PS in Leonardschaltung angetrieben; die Antriebe sind durch Transmissionen zwangläufig miteinander verbunden.

Aufwärts gerichtete Gleichgewichtstörungen, z. B. bei Trogleerlauf, sollten durch besonders konstruierte Spurlager der Spindeln aufgenommen werden. Für abwärts gerichtete Störungen erheblichen Umfangs ist nicht in gleicher Weise Ausgleich geschaffen. Nun sind aber erhebliche Gleichgewichstörungen in erster Linie infolge zu hohen oder zu tiefen Anfahrens des Troges und dementsprechend zu geringer oder zu großer Trogfüllung zu erwarten. Es muß also auch für abwärts gerichtete Kräfte Vorsorge getroffen werden. Dabei kann freilich die abwärts gerichtete Gleichgewichstörung infolge zu tiefen Anfahrens niemals auch nur annähernd die Größe des Grenzwertes für Trogleerlauf erreichen, da der Trog sich nur bis zu seinem Rande, d. i. bei unsrem Entwurf 80 cm über dem Wasserspiegel, füllen kann.

Gegen Schwankungen werden die Spindeln noch durch je zwei auf- und abwärts bewegliche Führungslager gestützt. Tore und Anschlußdichtungen sollten in ähnlicher Weise ausgebildet werden wie in Henrichenburg. Der Entwurf enthält keine näheren Angaben über Herstellung, Beförderung und Einbau

[11]) DRP Nr. 251 318, vergl. „Bauingenieur" Bd. 4 (1923) S. 528 u. f., Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 32 (1912) S. 700, Deutsche Bauzeitung Bd. 46 (1912) S. 130.

[12]) DRP Nr. 219 491, vergl. Z. Bd. 57 (1913) S. 436, Deutsche Bauztg. Bd. 47 (1913) S. 199.

[13]) DRP Nr. 285 452.

[14]) DRP Nr. 319 467.

[15]) Zentralbl. d. Bauverw. Bd. 42 (1922) S. 277. Vergl. auch Abb. 11.

Abb. 2
Entwurf der Reichswasserstraßenverwaltung von 1926
Größter Hub 37,21 m, Troglänge 85 m, Trogbreite 12 m

Abb. 3 und 4
Entwurf 1926, Längsschnitt und Grundriß

solcher Riesenspindeln, über die Art des Nachrichtens bei etwaigem Verwerfen u. dergl.

Nach unseren Untersuchungen ist es leider sehr fraglich, ob sie überhaupt zuverlässig aus einem Stück ausgeführt werden können. Auch für den etwaigen Stoß solcher Spindeln haben wir keine voll befriedigende Lösung gefunden. Ein solcher Stoß müßte imstande sein, nicht nur Längskräfte bis zu mehr als $\frac{2600}{4} = 650$ t, sondern auch erhebliche Verdrehungskräfte nach beiden Richtungen zuverlässig aufzunehmen.

Nach älteren Vorschlägen sollten Torsionsspannunge nur durch Splinte übertragen werden, die dazu gewiß nich ausreichen. Auch der Vorschlag, die Verdrehungs momente durch Klauenverbindungen und die Längskräft durch Stoßkerne aufzunehmen, die innerhalb der Bohrun der Spindel liegen sollten, führte zu keiner befriedigende Lösung. Freilich kann man eher einen Spindelstoß zur Au nahme von Torsionskräften nach nur *einer* Richtung g eignet gestalten; da aber Gleichgewichtstörungen nach beide Richtungen eintreten können, würde eine solche Spind nicht einmal als Sperrorgan ausreichen. Außerdem könne bei Verwendung sehr langer Spindeln mit flachen G winden die Muttern heißlaufen. Nach einem Vorschlag des Oberbaurats *Loebell* vom November 1921 wurd

Abb. 5 und 6
Entwurf 1926, Ansicht von Süden und Grundriß

chließlich als Sperrorgan eine kurze pindel in langer geschlitzter Spindelutter — späterhin Mutterbackenäule genannt — und zum Antrieb nd zur Parallelführung ein federnd elagertes Ritzel, das an einer Zahntockleiter angreift, in Aussicht geommen, wie es der neu mitgeteilte Entwurf zeigt.

Nach dem

Entwurf der Reichswasserstraßenverwaltung

on 1926, Abb. 2 bis 26, der kürzlich er Akademie des Bauwesens zur Beutachtung vorgelegen hat, hängt der Trog an 256 Drahtseilen, die in Grupen von je acht zusammengefaßt sind. Vegen Platzmangels sind je zwei eile über eine zweirillige Seilrolle on 3,50 m Dmr. geführt, und zwar rbeiten zum Ausgleich des Dralls mmer ein rechts- und ein linksgängiges Seil nebeneinander. Die Zapfen er Seilrollen sollen auf Tonnenrollengern laufen. Versuche, die im taatlichen Materialprüfungsamt in Dahlem mit Gleitlagern ausgeführt vurden, sind nicht befriedigend veraufen; es ergab sich ein im Hinblick uf die Sperrvorrichtung unbequem roßer Anfahrwiderstand, und schließich traten Anfressungen des Zapfens nd der Lagerschale auf. Auf einen Versuch mit Preßschmierung wurde erzichtet, weil nach dem sachverständigen Rat der Berlin-Anhaltischen Maschinenfabrik A.-G. (Bamag) ein olcher Versuch keinen Erfolg verprach.

Von den acht Seilen einer Gruppe ragen jedesmal sechs je ein Gegenewicht, die übrigen einen Rahmen, ler zur Führung dient und beim Bruch eines Seiles das abgerissene Gegengewicht aufnimmt, Abb. 7 und 8. Es sind also $^6/_8 \cdot 256 = 192$ Gegenewichte vorhanden, von denen bei twa 4200 t Troggewicht demnach edes etwa 20 t wiegt. Die Seilenden ind mit Seiltöpfen (Seilköpfen) aneschlossen und mit Spannvorichtunen versehen. Die sechs Geichtseile greifen zu je zweien an inem Wagebalken an, an dem ie Gegengewichte hängen. Jeder Wagebalken hängt außerdem an zwei mit vorgespannten Federn versehenen Zugstangen, denen ein drei solcher Balken tragender Profileisenträger als Widerlager dient. An diesem hängt auch der erwähnte Führungsrahmen, er beim Längen eines Gegengewichtseiles ein senkrechtes Verschieben des zugehörigen Gewichtes im Rahmen gestattet. Durch das Längen eines Seiles wird der Wagebalken schief gestellt und dadurch die im Regelbetrieb unbelastete Federzugstange belastet und diese Belastung auf die Rahmenseile übertragen. Das Gewicht der umlaufenden Drahtseile wird durch vier umlaufende Ketten ausgeglichen, die in den Abbildungen nicht dargestellt sind.

Abb. 7 und 8
Aufhängung der Gegengewichte

Abb. 9 zeigt einen im Gleichgewicht befindlichen Schwimmkörper. Dieser hat, wenn man ihn entweder etwas hinabdrückt oder heraufzieht, stets das Bestreben, in seine Gleichgewichtlage zurückzukehren, befindet sich also den lotrechten Kräften gegenüber im stabilen Gleichgewicht. Eine Gleichgewichtstörung, wie sie beispielsweise in Henrichenburg durch das Eintauchen der Einsteigschächte und des Troggerüstes eintritt, wird also sowohl das Anfahren des Troges als auch dessen Bremsung am Schluß der Bewegung in günstiger Weise erleichtern. Senkt man dagegen in Abb. 10 das Gewicht auf der einen Seite, so erhält das Seil auf dieser Seite das Übergewicht und befördert die Abwärtsbewegung, der Gleichgewichtzustand ist labil. Durch das Gewicht der ablaufenden Drahtseile würde also die Anfahrt, die infolge der erforderlichen Massenbeschleunigung ohnehin einen wesent-

Abb. 9
Stabiles Gleichgewicht
lotrechten Kräften gegenüber

Abb. 10
Labiles Gleichgewicht
bei Senkung eines Gewichtes

Abb. 9

Abb. 10

Abb. 11
Gleichgewichtstörungen verschiedener Schiffshebewerke

a —·—·— Schwimmerhebewerk Henrichenburg
b ——— Seilhebewerke
c - - - - Wagebalken mit Pendelstütze

lichen Mehraufwand an Kraft erfordert, sowie das Bremsen am Schluß der Bewegung erschwert.

In Abb. 11 sind für verschiedene Fälle die Störungen ihrer Größe nach in gleichem Maßstab aufgetragen, so daß man die Größen der Gleichgewichtstörungen vergleichen kann. Die Abszissen bedeuten Weg (oder annähernd auch Zeit), die Ordinaten die Gleichgewichtstörung, gemessen durch die Kraft, die an einer Spindel jeweils angebracht werden müßte, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Linie *a* zeigt (bis zu 14 m Hubhöhe) die Verhältnisse des Henrichenburger Hebewerkes. Darüber sind Kraftbedarflinien dargestellt, wie sie durch unmittelbares Messen des Stromverbrauches gewonnen sind. Sie sind, abgesehen von den Spitzen am Anfang, die den Kraftbedarf zur Massenbeschleunigung wiedergeben, nahezu parallel mit der Linie *a* zur Darstellung der Gleichgewichtstörungen; ihr Abstand von *a* gibt den Einfluß der Trogbelastung an, die stets so gewählt wird, daß die Kräfte immer ein gleiches Vorzeichen haben. Linie *b* zeigt für die Größenverhältnisse des Entwurfes für Niederfinow die durch den Ablauf der Drahtseile für ein Ritzel verursachten Gleichgewichtstörungen. Man erkennt sofort die Notwendigkeit eines Ausgleiches. Linie *c* gilt für Wagebalken auf Pendelstützen; man erkennt, daß solche ohne Ausgleich kaum ausgeführt werden könnten.

Über die am zweckmäßigsten zu wählende Drahtseilart werden in Dahlem gegenwärtig Versuche angestellt; zunächst ist ein Längsschlag-Rundlitzenseil aus $6 \cdot 37 = 222$ Drähten von 2,4 mm Dicke und 150 kg/mm² Festigkeit, entsprechend einer rechnerischen Bruchfestigkeit von rd. 150 t, in Aussicht genommen. Daneben kommen insbesondere auch Dreikantlitzenseile in Frage. Längsschlagseile haben bekanntlich starken Drall, der sie für viele Verwendungen ungeeignet macht, aber im vorliegenden Falle von geringer Bedeutung ist; Kreuzschlagseilen gegenüber haben sie den Vorzug, daß die langgestreckten Windungen der einzelnen Drähte besser auf der Seilrolle aufliegen und daher geringerem Verschleiß unterworfen sind. Durch den großen Durchmesser der Seilrolle wird die Biegungsbeanspruchung der Drähte und damit deren Abnutzung wirksam herabgesetzt; auch nach der zu ungünstigen Gleichung $\sigma = \frac{d}{D} E$ berechnet, ergibt sich die Biegungsbeanspruchung nur zu 1440 kg/cm².

Zum Antrieb sollen vier auf dem Troge stehende Gleichstrommotoren von je etwa 75 PS in Leonardschaltung dienen, Abb. 12 bis 14 sowie 15 bis 18. Ob es zweckmäßig ist, die Bewegungswiderstände ganz oder teilweise durch Wasserballast zu überwinden, indem der Trog oben einige Zentimeter tiefer anfährt, als dem genauen Gewichtausgleich entspricht, unten entsprechend höher, darüber werden die Betriebserfahrungen am Hebewerk selbst Aufschluß geben.

Die Motorbetriebe sind durch eine umlaufende Wellenleitung zwangläufig miteinander verbunden und durch vier Rutschkupplungen gesichert. Sie treiben die vier Ritz die, an Zahnstockleitern arbeitend, den Trog bewegen u seine wagerechte Lage gewährleisten, und die zur Spe rung bei Störungen dienenden Drehriegel, kurze Schra benspindeln, die mit den Ritzeln durch eine Kegelra übersetzung derart verbunden sind, daß sie im Regelbetri in den Gewinden der Mutterbackensäule, ohne diese berühren, leer mitlaufen, wobei sie oben und unten einen Spielraum von etwa 30 mm lassen. Die am stär sten beanspruchten Zahnräder sind unterteilt. Die Ach des Ritzels ist auf einem Schwingensystem gelagert. S ruht auf einem ungleicharmigen Hebel, der mittels ein Hebelübertragung durch die Vorspannung von sechs einem Federtopf vereinigten Schraubenfedern nach beid Richtungen in seiner Mittellage gehalten wird, nach Übe windung dieser Vorspannung aber nach oben oder unt ausschwingen kann. Die Vorspannung muß so groß g wählt werden, daß sie durch die gewöhnlichen Bewegung widerstände keinesfalls überwunden wird; sie wird eine Ritzelzahndruck von etwa 30 t entsprechen müssen.

Wird bei ruhendem Trog, z. B. durch Wasse verluste infolge Leckwerdens, dieser Zahndru überschritten, so gibt die Federung nach, d

Abb. 12 bis 14
Troghebeantrieb nach DRP 380 377 (Loebell)

a Gemeinsamer Antrieb für Ritzel und Drehriegel
b Ritzel
c Führungsschiene
d Führungsrolle, die den richtigen Eingriff des Ritzels in die Zahnstockleiter sichert
e Zahnstockleiter
f Mutterbackensäule
g Federtopf
h Längsführung des Drehriegels
i Querführung des Drehriegels
k Mutterbackensäule
l Spielraum
m Drehriegel
n Trog
o fester Drehpunkt

Abb. 15 bis 18
Antrieb des Troges und Sperrvorrichtung

Drehriegel setzen sich auf die Gewindegänge der Mutterbackensäule auf und übertragen die Last auf diese. Da mittels einer durch den Ausschlag des Federhebels zuverlässig betätigten Schaltung[15]) vorher die Strombahn unterbrochen wird, können die Motoren nicht angelassen werden, Abb. 12 bis 14. Wird dagegen während der Trogbewegung das Gleichgewicht gestört, gleichviel in welcher Richtung, so wird bei erheblicher Überschreitung des kritischen Zahndruckes gleichfalls der Drehriegel in Wirksamkeit treten, der Strom wird ebenfalls unterbrochen und damit das gesamte Triebwerk stillgelegt, noch ehe die Drehriegel aufsitzen, wodurch zugleich erreicht wird, daß stets alle vier Riegel fast vollkommen gleichzeitig zum Anliegen kommen. Zur weiteren Sicherung sollen Höchststrom- und voraussichtlich auch Mindeststrom- (oder Rückstrom-) Ausschalter angeordnet werden, die bei erheblichen Gleichgewichtstörungen das Triebwerk unabhängig von dem Ausschwingen des Federhebels stillsetzen. Sollten einmal gleichzeitig beide Arten der elektrischen Ausschaltung versagen, so würden sich die Drehriegel unter Umständen drehend auf die Mutterbacken aufsetzen und erst durch die große Reibung der flachen, selbstsperrenden Gewinde — nach Durchbrennen der Sicherungen — Stillstand herbeiführen. Bedenklich wäre hierbei, daß unter Umständen ein Drehriegel vor den andern zum Anliegen kommen könnte; man wird schon deshalb auf die doppelte Art elektrischer Sicherung nicht verzichten dürfen.

Der Ausschlag des Ritzels beträgt 30 mm. Er liefert einen ausreichenden Bremsweg, der durch die unvermeidlichen elastischen Formänderungen noch etwas größer wird. (Das Maß von 30 mm mag gering erscheinen, doch beträgt für die hier auftretende Geschwindigkeit von 12 cm/s der für den Bremsweg kennzeichnende Wert $\frac{v^2}{2g}$ nur 0,73 mm, dagegen für einen mit 90 km/h fahrenden Schnellzug 32 m, das ist mehr als das 40 000fache.)

Damit der richtige Eingriff des Ritzels in die Zahnstockleiter nicht durch Formänderungen oder dergleichen

[15]) DRP Nr. 380 377 (Loebell).

Abb. 19 bis 21
Antrieb des Dichtungsrahmens, untere Haltung
a Antriebmotor *b* Federn zum Anpressen des Dichtungsrahmens
c Exzenter zum Anpressen des Dichtungsrahmens *d* dichtende Packung
e Dichtungsrahmen

beeinträchtigt wird, trägt der zu seiner Auflagerung dienende ungleicharmige Hebel am Ende einen Führungswagen, der den richtigen Abstand zuverlässig sichert; um die dabei erforderliche Relativbewegung zum Trog zu ermöglichen, hat man den Hebel auf einer um eine feste Achse beweglichen lotrechten Schwinge gelagert. Aus ähnlichen Gründen sind die Drehriegel mit dem Triebwerk durch Pendelstützen verbunden und besonders geführt.

Bei der vorgesehenen Hubgeschwindigkeit von 12 cm/s wird ein Hub 5 min, ein ganzer Hubvorgang einschließlich der Ein- und Ausfahrt des Kahns rd. 20 min dauern, so daß an einem Tage bei 20stündigem Betrieb bis zu 30 Doppelschleusungen ausgeführt werden können. Bei vorsichtiger Berechnung ergibt sich eine Jahresleistung von 6000 Doppelschleusungen.

Das über Gelände 52 m hohe G e r ü s t soll aus Eisen hergestellt werden. Welche Vorzüge E i s e n b e t o n hätte, ist schon erwähnt. Dagegen lassen sich n u r durch Verwendung einer Eisenkonstruktion die aus Antrieb- und Sperrorganen, insbesondere also an der Mutterbackensäule zu übertragenden ungewöhnlich großen Kräfte einwandfrei aufnehmen und kraftschlüssig in das Grundmauerwerk führen. Weiterhin kann man bei einer Eisenkonstruktion etwa erforderliche nachträgliche Änderungen, insbesondere Verstärkungen, leichter anbringen, und endlich ist zu befürchten, daß in einem Eisenbetongerüst die durch die ungewöhnlich großen hier auftretenden Kräfte hervorgerufenen Schwingungen und Erschütterungen zur Rißbildung führen könnten. Als Baustoff für das Gerüst soll St 37 verwendet werden, weil die Wahl von höher zu beanspruchenden Stählen bei voller Ausnutzung des Baustoffs zu einem minder steifen und daher den Schwingungen weniger Widerstand leistenden Gerüst führen würde. Dagegen sollen der Trog und die anschließende Kanalbrücke aus St 48 oder Si-Stahl hergestellt werden. Das Eisengerüst wird rd. 6000 t wiegen, der Trog einschließlich der ihn abschließenden Hubtore und der auf ihm stehenden Maschinenanlage rd. 1600 t.

Im Querschnitt stellt das Gerüst in statischer Beziehung einen Zweigelenkrahmen dar; dieser soll jedoch für die Aufstellung ein drittes Gelenk erhalten, das erst nach Aufbringung der ständigen Last geschlossen wird. In den Ebenen derjenigen Gerüststiele, an denen der Trogantrieb und die Sperrvorrichtung angreifen, sind zur Verminderung der Schwingungen seitliche Streben vorgesehen, die freilich den Grad der statischen Unbestimmtheit erhöhen, aber unentbehrlich sind.

Ein Dach und Seitenwände schützen Seilrollen und Zubehör gegen Witterungseinflüsse; ebenso stehen die Motoren auf dem Trog in besonderen Maschinenhäuschen. Auf der Trogplattform befindet sich ein Führerhäuschen, von dem aus die Antriebmotoren angelassen werden.

Wie Abb. 3 zeigt, sind die beiden mittleren Gerüsttürme, die die Zahnstockleitern für den Antrieb, die Mutterbackensäulen für die Sperrung und die Querführung des Troges aufnehmen, zu einem gemeinsamen Bauteil verbunden, der statisch einen Zweigelenkrahmen darstellt. Der Ostturm (nach dem Unterwasser zu) stützt sich durch ein beiderseits gelenkig gelagertes Verbindungstück gegen den Mittelturm und trägt in Höhe der oberen Haltung einen Prellbalken zum Schutze des Trogtores gegen anstoßende Schiffe. Der Westturm trägt den oberen Haltungsabschluß mit der Verbindung zur Kanalbrücke und die recht schwierige Troglängsführung. Er ist doppelt so lang wie die anderen Einzeltürme und für sich standfest gelagert und dementsprechend an den Mittelturm verschiebbar angeschlossen. Ein Teil der wagerechten Längskräfte, von dem Anpreßdruck des Dichtungsrahmens und dem Spaltwasserdruck herrührend, gleicht sich auf kurzem Wege innerhalb des Westturmes aus, ohne das Grundmauerwerk zu belasten.

Der Trog wird beiderseits durch Hubtore abgeschlossen; die anschließenden Kanalhaltungen erhalten je zwei Hubtore, von denen eins als Hilfstor gilt. Zwischen Trog und Haltung ist ein gewisser Spielraum von etwa 150 mm größter und 60 mm kleinster Breite erforderlich (Spalt), bedingt durch die Längenausdehnung des Troges infolge Wärmewirkung und durch die Spielräume in den Längsführungen. Dieser Spalt wird beim Anschluß des Troges an die Haltungen durch einen wagerecht verschiebbaren **U**-förmigen Rahmen abgedichtet, der durch zwölf Exzenter so weit vorgeschoben wird, daß die an seiner Vorderfläche angebrachte Gummidichtung wasserdicht schließt, Abb. 19 bis 21[16]). Die an der Innenfläche des Rahmens sich ergebende, **U**-förmig umlaufende Fuge wird durch eine Stopfbüchsdichtung geschlossen. Die Exzenterwellen werden über Rädervorgelege hinweg von beiden Enden einer Wellenleitung aus durch Elektromotoren angetrieben, die unmittelbar mit den Schneckenwellen eines Schneckenvorgeleges gekuppelt sind. In die Schneckenräder sind zur Sicherung Rutschkupplungen eingebaut. Diese Einrichtung hat sich an dem im Maßstabe 1 : 5 ausgeführten Betriebsmodell als zweckmäßig erwiesen. Die Rahmen dichten gegen Schilde, die so eingerichtet sind, daß der Trog in wechselnder Höhe anfahren kann, was wegen des Wasserstandwechsels notwendig ist. Die Dichtungsrahmen sind an den Haltungsabschlüssen, die Schilde am Trog angebracht; der Trog erhält dadurch gegenüber der umgekehrten Anordnung

[16]) Vergl. dazu Abb. 3 auf S. 502 der „Bautechnik" Bd. 3 (1925) zu dem Aufsatz von Sperling über die Schiffshebewerke des Centre-Kanals.

etwas geringeres Gewicht, und der regelmäßige Spaltsserdruck auf den Trog wird wesentlich kleiner. Nach . 22 bis 25 beträgt der Spaltwasserdruck P bei der gelten Anordnung $\frac{b\,(t+k)^2}{2}$ und erreicht den Grenz- $\frac{b\,(t'+k)^2}{2}$ nur dann, wenn ganz ausnahmsweise der Betracht gezogene höchste Wasserstand wirklich einen sollte, unter Umständen also nie, während bei der gekehrten Anordnung der Spaltwasserdruck regelßig den Wert $\frac{b\,(t'+k)^2}{2}$ annimmt. (Öffnet man das in . 22 bis 25 geschlossen dargestellte Trogtor, so ert das nichts an der Größe der auf den Trog wirden wagerechten Kraft.) So ist im Unterwasser genlich $t = 2{,}90$ m, dem mit $b = 14{,}6$ und $k = 1{,}0$ m 111 t entspricht, während sich bei dem in Rechnung ellten HHW mit $t = 4{,}70$ ausnahmsweise $P = 237$ t eben würde.

Abb. 5 und 6 lassen die Gesamtlage erkennen. Zum rgang zwischen dem anschließenden Damm und dem ewerk dient eine eiserne Kanalbrücke, deren Trog Nutzbreite aufweist. Bordhöhe des Troges und gfähigkeit der Brücke sind so bemessen, daß die ung später auf 3,9 m über Trogsohle angespannt den kann. Die Brücke bleibt infolgedessen unverert, wenn etwa der Wasserspiegel des Hohenzollernals für den Verkehr mit 1000 t-Schiffen gehoben den sollte. 300 m oberhalb des Hebewerks wird ein erheitstor angeordnet, das vom Hebewerk aus durch nsteuerung geschlossen werden kann.

Abb. 26 läßt die Lage der Gründungspfeiler für das ewerk und die anschließende Kanalbrücke erkennen. en der ungünstigen Baugrundverhältnisse muß die ndung des Hebewerks auf — 16, teilweise sogar auf 7,5 m unter N.-N. hinabgeführt werden. Die Senken, deren größter etwa 260 m² Grundfläche hat, sollen Druckluft eingebracht werden, nachdem die Baue unter Grundwassersenkung auf N.-N. — 8 ausben ist. Die Lagerungsverhältnisse der verworrenen gschichten machen es notwendig, die nach dieser tung ungünstigste Hangstrecke im Berührungset zwischen Diluvium und Tertiär auf etwa 80 m ge von Pfeilern frei zu halten, was eine große ungsweite der Kanalbrücke bedingt. Langwierige ersuchungen haben aber zu dem Ergebnis geführt, trotzdem eine Kanalbrücke einer Dammschüttung bis ittelbar an das Hebewerk aus wirtschaftlichen und nischen Gründen vorzuziehen ist.

Die im Titelbild dargestellte Ansicht des Hebewerks cksichtigt schon einen Teil der wertvollen Anregungen, hinsichtlich der äußeren Gestaltung des Bauwerkes der Akademie des Bauwesens gegeben worden sind. Zur praktischen Erprobung der vorgeschlagenen, zum Teil neuartigen Anordnungen wurden zwei Gruppen von Versuchen ausgeführt, die zum Teil noch fortgesetzt werden: In einem Versuchsturm auf dem Gelände des Staatlichen Materialprüfungsamtes in Berlin-Dahlem von 23,5 m Höhe werden Drahtseile, Seilrollen und deren Lager in natürlicher Größe erprobt, ihre Bewegungswiderstände gemessen usw.

Die in den Versuchsturm eingebaute Versuchseinrichtung besteht im wesentlichen aus einer doppelrilligen Seilscheibe von 3,50 m Dmr., wie sie später verwendet werden soll, den beiden über sie laufenden Drahtseilen, der Belastung durch zwei tunlichst genau je 45 t schwere Gewichtskörbe, entsprechend dem Gewicht der zukünftigen Betriebslast, und den erforderlichen Meß-, Aufzeichen- und Antriebvorrichtungen; sie gestattet eine etwa 7,0 m lange Bewegung. Sie kann durch aufzulegende und abzufangende Übergewichte oder durch elektrischen Antrieb betätigt werden. Eine selbstschreibende Vorrichtung zeichnet Dauer, Weg und Geschwindigkeit der Bewegung auf, eine andre mißt die bei elektrischem Antrieb zu überwindenden Widerstände mittels Torsionsdynamometer und zeichnet sie gleichfalls fortlaufend auf.

Dichtungsrahmen am Trog — Dichtungsrahmen am Haltungsabschluß

Abb. 22 bis 25
Spaltwasserdruck P

$$P = \frac{b\,(t'+k)^2}{2}$$

b Breite des Dichtungsrahmens; t wechselnde Wassertiefe; t' größte Wassertiefe; k Abstand der Sohle von der Dichtungslinie (Konstruktionsmaß)
I bei höchstem Haltungswasserstand
II bei niedrigstem Haltungswasserstand

Abb. 26. Lage der Gründungspfeiler

a Aufschüttung
b Torf, Moorerde, Faulschlamm
c feine Sande
d Mergel, Mergelsand
e Feinsand
f feiner scharfer Sand
g grandiger Sand
h Kies
i Geschiebemergel
k Braunkohlensand
l Braunkohlenletten
m Braunkohle

Abb. 27
Schiffshebewerk, Bauart Krupp, Gruson-Werk

Über die Versuchsergebnisse wird voraussichtlich demnächst eingehend berichtet werden[17]).

Weitere Versuche wurden an einem betriebsfähigen Teilmodell im Maßstab 1 : 5 durchgeführt, das in Eberswalde aufgestellt ist, insbesondere über den Antrieb, die Sperrung und die Spaltdichtung. Das Modell wurde 1924 bis 1926 durch die Ardeltwerke G. m. b. H. in Eberswalde in engstem Zusammenarbeiten mit dem Neubauamt für den zweiten Abstieg bei Niederfinow, das in Eberswalde seinen Sitz hat, ausgeführt.

Das Teilmodell stellt von dem Gerüst den auch die Sicherheitsvorkehrungen tragenden Mittelturm dar. An einer Trogseite sind Klappen angebracht, die es gestatten, die den Trog füllende Wassermenge (rd. 13 t) innerhalb weniger Sekunden auslaufen zu lassen und in dieser Weise große Gleichgewichtstörungen zu schaffen.

Zum Schluß sind noch zwei neuere Vorschläge anzuführen, die der Bauleitung erst bekanntgeworden sind, als der soeben behandelte Entwurf bereits bearbeitet wurde. Das Krupp-Gruson-Werk, das sich früher schon mit der Tauchbootschleuse nach Bauart Burkhardt befaßt hatte, reichte 1924 den in Abb. 27 dargestellten Vorschlag ein, den das Werk zusammen mit Harkort und Wayss & Freytag bearbeitet hatte[18]). Zum Gewichtausgleich dienen vier Gegengewichte, als Zugmittel zwischen Trog und Gegengewicht Gelenkketten besonderer Anordnung mit großen Gliedlängen, die über acht Kettenscheiben von 19,9 m Dmr. laufen. $^7/_{12}$ des Umfanges der Kettenscheiben ist gleich dem kleinsten Hub des Hebewerkes, wodurch erreicht werden soll, daß die Ketten am Scheibenumfang befestigt und so als Antrieborgane benutzt werden können, ohne daß es einer Verzahnung zwischen Scheibe und Kette bedarf. Zum näherungsweisen Ausgleich des Gewichtes der ablaufenden Ketten sind den Befestigungstellen der Ketten gegenüber an den Kettenscheiben besondere Gegengewichte angebracht. Die Scheiben erhalten Triebstockverzahnung, zum Antrieb entsprechender Stirnradübersetzungen und Verbindungswellen dienen zwei Motoren. Bei Gleichgewichtstörungen wird Sperrung veranlaßt durch vier lange Schraubenspindeln, deren Muttern im Regelbetrieb ohne Berührung leer mitla Die Spindeln werden bei Gleichgewichtstörungen, größere Beschleunigung hervorrufen, durch die Wir eines Fliehkraftreglers stillgesetzt und setzen sich Die Sperrvorrichtung ist nur für Gleichgewichtstöru nach einer Richtung, entsprechend dem Troglee vorgesehen. Nach unserer Auffassung verdienen D seile vor Ketten unbedingt den Vorzug. Die große der überaus stark belasteten, dem Verschleiß gesetzten und schwer zu schmierenden Kettenbolzen zu Bedenken Anlaß. Durch das unstetige Abrolle langen Kettenglieder entstehen unvermeidlich Sc gungen, die wegen der hohen Lasten auch nicht unbe lich erscheinen. Weiterhin bedingt die Zusammen gung der Gewichte eine sehr starke Belastung Kettenscheibenlager, von denen nur 16 angeordnet gegenüber 256 beim vorher besprochenen Entwurf. Lager sollten als Gleitlager mit Preßschmi arbeiten.

Die Maschinenteile sind durch turmartige B umschlossen, sind also gegen Witterungseinflüss schützt. Die Ausführung des Gerüstes in Eisen führt in Verbindung mit der Zusammendrängung Gegengewichte zu einer wuchtigen, befriedig äußeren Erscheinung.

Neuerdings veröffentlichte[19]) Prof. Dr. Krell bemerkenswerte Studie, betreffend Seilaufzug fü Hebewerk. Krell weist den Drahtseilen weiterge Aufgaben zu als unser Entwurf, was uns wegen Schlupfes und der Streckung der Seile nicht zweck scheint. Ob vielleicht eine elektrische Verbindung schen den Antriebmotoren an Stelle der mechani Kupplung in Betracht käme, wäre noch näher zu suchen.

Die Frage der Trockenförderung Schiffen ist Gegenstand eines besonderen bewerbes der Schlichting-Stiftung, dessen Ergebnis nächst bekanntgegeben wird.

Über einen hierhergehörigen Entwurf der August Klönne — Bauart Klönne-Rheinmeta finden sich in den Jahrgängen 1923/24 S. 201 und 42 1926 S. 530 der Zeitschrift „Schiffbau" nähere Ang
[B

[17]) Vergl. auch Fußnote 1
[18]) DRP Nr. 370 208.

[19]) Bautechnik Bd. 3 (1925) S. 492, Bd. 4 (1926) S. 245 u. 296.

Arbeitsvorbereitung und Betriebsmittel der Holzbearbeitung

Von Dipl.-Ing. W. Müller, Spandau

Vorgetragen in der Fachsitzung „Betriebstechnik“ anläßlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927

Einige besonders wichtige Teilgebiete der Arbeitsvorbereitung: Einkauf und Lagerung des Holzes, Vorkalkulation und Stückzeitermittlung, Verschnittrechnung, Regelung des Ausschußersatzes. — Bei den Betriebsmitteln wird der Zusammenhang zwischen Vorschub und Zahl der Messer bei Hobelmesserwellen durch Bekanntgabe einer bisher noch unveröffentlichten Arbeit von Dipl.-Ing. Eisele, Spandau, untersucht. Außerdem wird auf die besondere Bedeutung des faserigen Gefüges für die Gestalt und Arbeitsweise der Werkzeuge hingewiesen.

Die Ausdehnung der Rationalisierungsbestrebungen auf alle Gebiete industrieller Fertigung führt zwangläufig auch zur Beschäftigung mit allen ıstoffen. Wenn mir die Aufgabe gestellt ist, aus der lzbearbeitung zu berichten, so ist zunächst fest-tellen, in welchem Umfange die deutsche Volkswirt-aft Holz verarbeitet. Nach den Ergebnissen der ge-rblichen Betriebzählung von 1925 ergibt sich für das z- und Schnitzstoffgewerbe eine Beschäftigung von 357 Personen. Etwa 50 Mill. m³ Holz werden im Jahre zbar gemacht und verarbeitet. Als Rohstoff bei der fuhr und in Form von Fertigerzeugnissen bei der sfuhr übt das Holz einen großen Einfluß auf unsre ndelsbilanz aus. Nicht nur rein betriebswirtschaftliche ünde sind es also, die Deutschland heute zwingen, der ionellsten Verwertung des Holzes bemüht zu bleiben, dern in ebenso großem Umfange kommen auch rein kswirtschaftliche Gesichtspunkte in Betracht.

Die Widerstände gegen das Eindringen des In-ieurs in das Gebiet der Holzbearbeitung sind groß. werden vor allem mit der Eigenart des Holzes als rkstoff begründet. Das umfangreiche fachmännische ssen, das zur Beurteilung der Arbeitsvorgänge und beitsmittel gehört, ist zwar für den Erfolg Be-gung, darf anderseits aber auch nicht zur vollkom-nen Ablehnung genauer Untersuchungsarbeit führen, e es sehr oft geschieht. Wenn also dem Einwand olz ist kein Eisen“ die Berechtigung nicht abgesprochen rd, so können doch Kenntnisse, die man auf andern rtschaftsgebieten gesammelt hat, für die Holzbearbei-g nutzbar gemacht und auch hier kann der Kampf zen die Verlustquellen aufgenommen werden.

Allgemeine Unterlagen der Arbeitsvorbereitung

Die Arbeitsvorbereitung für Werkstätten der Holz-ırbeitung hat sich neben dem reinen Betriebsdienst mit schaffung und Pflege des Rohstoffes zu befassen. nn dies unter dem Leitsatz geringsten Zeit- und Stoff-brauches bei der Fertigbearbeitung geschieht, so er-pen sich Forderungen an die Blocklieferer und Säge-rke, die die heutige Übung beim Einschnitt erheblich einflussen und sogar ändern müssen. Inwieweit diese age die Betriebsmittel berührt, soll später erörtert rden. Hier will ich darlegen, welche Forderungen die gemeine Arbeitsvorbereitung für einen gut durch-führten Betriebsdienst zu erfüllen hat.

Zur Zeit ist es noch unmöglich, Holz in größeren ngen ohne Abnahme zu beziehen, wenn man nicht zu uernden Beanstandungen genötigt werden will. Die Be-ffsbestimmungen für den Einkauf sind noch keines-gs klar und müssen einwandfrei festgelegt werden. e vorhandenen Schwierigkeiten sind groß. Die Ver-iedenheiten und die starken Einflüsse der Struktur auf Güte der einzelnen Holzarten erschweren derartige stlegungen. Weil wir aber auf dem deutschen Markt besondere bei den Inlandhölzern dauernd auf Unklar-ten stoßen und der Holzpreis und die Rohstoffaus-tzung bei uns eine viel größere Bedeutung gegenüber n Lohn haben als in andern Ländern mit unerschöpf-hen Holzvorräten, müssen wir darauf bedacht sein, en Bestwert der Holzausnutzung schon dadurch ein-leiten, daß wir die Verluste beim Einschnitt und Ein-uf des Holzes auf das geringste Maß herabsetzen.

Der Grad der Ästigkeit oder der Astreinheit eines lzes z. B., der für die Kalkulation maßgebend bleibt, handelsüblich heute noch außerordentlich dehnbar. Die zulässigen Toleranzen für die handelsüblichen Maße und die Aufmessung sind Gegenstand täglicher Beanstandungen und vieler Bemühungen der Gerichte und Sachverständigen. Der Wassergehalt, die Art der Trocknung, die Krankheitserscheinungen des Holzes sind dem gewandten Holzhändler wohl vertraut, selten aber dem verarbeitenden Betrieb so bekannt, beim Einkauf so fest umschrieben und bei der Abnahme so genau erkennbar, daß sie nicht noch häufig zu großen Unregelmäßigkeiten während der Verarbeitung führten.

Wieweit der Naturwuchs des Holzes beeinflußt werden kann und welche Ziele hierbei zu erreichen sind, wird Dr. Hausendorff in seinem Vortrag „Holz als Werkstoff“ mitteilen. Diese Bestrebungen können die Normung unsres Schnittholzes wesentlich fördern. Jedoch muß der Normung der Güte durch Festlegung der Begriffsbestimmungen vorgearbeitet werden, während die der Maße sofort in Angriff genommen werden kann.

Interesse an der Normung der Maße sollten nicht nur die Hersteller der Fabrikate, sondern auch die Sägewerke haben, da sich der Vorteil für sie auf die Rundholzausnutzung überträgt. Möbelbestandteile kann man ohne Beschränkung ihres künstlerischen Aufbaues unbedingt normen. Man denke an Türfüllungen, Küchentüren, Wohnzimmertüren, Tischplatten usw. In bestimmten Städten und Gegenden Deutschlands haben sich zwar von alters her bestimmte Einheitsmaße herausgebildet, sie sind jedoch ganz willkürlich festgelegt. Unter Berücksichtigung dieser Überlieferung muß sich die Normung auf die handelsüblichen zwischenstaatlichen Maße stützen. Normen von Kisten, Brettware mit oder ohne Nut und Feder in verschiedener Oberflächenbeschaffenheit, Deichseln für Wagen und landwirtschaftliche Maschinen, Platten, insbesondere aus Sperrholz usw., sind geeignet, der Ausnutzung des Rundholzes neue Wege zu weisen und vor allem dem Verbraucher fühlbare Preisverbesserungen zu bieten.

Die Verschnittrechnung des Betriebes wird sehr von den Unebenheiten beeinflußt, die bei jeder üblichen Schnittware auftreten. Dies können Unebenheiten sein, die durch den Gatter- oder Kreissägenschnitt (ungleiche Schränkung usw.) verursacht sind, oder solche, die durch Werfen auftreten. Die Ersparnisse, die durch Erhöhen der Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe an den Maschinen bei der Fertigbearbeitung des Schnittholzes erzielt werden können, stehen im allgemeinen in keinem Verhältnis zu denen, die ein gesunder Einschnitt, gute Lagerung und Trocknung des Rohholzes einbringen.

Die Arbeitsvorbereitung im Betriebsdienst habe ich allgemein schon in der Zeitschrift „Maschinenbau“[1]) behandelt. In diesem Rahmen will ich mich daher nur mit einigen Sondergebieten beschäftigen. Wenn man unter Arbeitsvorbereitung eine Tätigkeit der Verwaltung versteht, die die verschiedenen Betriebsaufgaben klar zu zergliedern und ein Zusammenspiel der Kräfte innerhalb eines Betriebes so zu ordnen hat, daß ein Höchstwert an Wirtschaftlichkeit und Arbeitsgüte erreicht wird, so ist in der Holzbearbeitung wenig mehr zu unternehmen, als die Erfahrungen in der Metallindustrie in den verschiedensten Organisationsformen schon zeigen. Die wirtschaftliche Planung der Arbeit ist in den verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung natürlich abhängig von den besonderen Eigenschaften des Rohstoffes Holz.

[1]) Bd. 6 (1927) S. 50.

Einige wichtige Teilabschnitte der Arbeitsvorbereitung

Zu den Aufgaben der Betriebsverwaltung in der Holzbearbeitung, die wegen ihrer Abhängigkeit vom Werkstoff besonders berücksichtigt werden sollen, gehören:

1. der Einkauf und die Lagerung des Holzes,
2. die Vorkalkulation,
3. die Verschnittrechnung,
4. die Ausschußregelung.

Einkauf und Lagerung des Holzes

Bei der Betrachtung allgemeiner Arbeitsvorbereitung habe ich die Zusammenhänge mit dem Einkauf schon gestreift. Besonders wichtig für die Güte des Holzes ist die Lagerung. Je genauer die Kosten für die Holzlager in bezug auf ihren Rohstoffwert und die für sie verbrauchten Hilfslöhne beachtet werden, um so mehr wird der Einfluß von Fehlern auf die Erfolgrechnung zu erkennen sein.

Am einfachsten ist diese Übersicht bei Herstellung eines oder mehrerer Massenerzeugnisse, für die immer wieder Hölzer in gleicher Güte und gleichen Maßen verwendet werden. Sind jedoch viele Teile mit den verschiedensten Abmessungen anzufertigen, so dürfen nicht nur die Inventurbewegungen in den Lagern alljährlich betrachtet werden, sondern der Zu- und Abgang sowohl wie die Güte sind laufend zu überwachen. Lagerzeit und -art machen ihren Einfluß auf den Wert der Ware beim Holz viel mehr geltend als bei Metall. Lange Lagerzeiten sind im allgemeinen nicht zu vermeiden, da Holz größtenteils erst nach Lagerung verbrauchsfertig ist, also nicht sägefallend verarbeitet wird. Es sind Maßnahmen zu ergreifen, um die Ware vor Krankheitserscheinungen, Fäulnis, Bläue, schlechter Durchlüftung, Verwerfen, Rissigwerden usw. zu schützen. Die vielen Erfahrungen, die darüber vorliegen, sollten sehr bald einmal allgemein zugänglich gemacht werden.

Aufgabe einer guten Arbeitsvorbereitung ist, dafür zu sorgen, daß Anordnung und Einteilung des Lagers nur einfachste und billigste Beförderungsmittel erfordern. Wesentliche Ersparnisse in der Lagerhaltung können erreicht werden, wenn man sich die Erfahrungen großer Sägewerke mit Schräganlage des Holzplatzes zur leichten Abfuhr der Stapelwagen, Stapelung überhaupt nur auf Wagen, Rutschen und Rollenbahnen vom Eisenbahnwagen über den Aufmeßplatz zum Stapel oder vom Lager zum Holzzuschnitt zunutze macht. Es gibt Werke, die an jeder Pendelsäge schöne Rollentische, für ihre Massenartikel sogar schon eine Fließarbeit von Maschine zu Maschine in der Fertigbearbeitung durchgeführt haben und bei denen das Holz vom Lagerplatz trotzdem noch mit dem Handwagen zur Pendelsäge gebracht wird. Je nach der Art des zu verarbeitenden Rohstoffes ist in Holzbetrieben besonders auf die Bemessung der Fördermittel, z. B. der Kleinbahnwagen, zu achten.

In den letzten Jahren hat die Holzverknappung die Rohstoffwirtschaft der Betriebe vor neue Aufgaben gestellt. Die künstliche Holztrocknung oder die Dämpfung ist mehr und mehr in den Vordergrund getreten, und die Fragen ihrer Rentabilität und Zweckmäßigkeit beschäftigen jedes Werk, das größere Mengen Holz verarbeiten muß. Die Güte des künstlich getrockneten Holzes dürfte kaum der des naturgetrockneten nachstehen, vielmehr ergeben sich sehr oft sogar viel bessere Verhältniszahlen für die Ausnutzung der Bohlen und Bretter, weil die Ware nach der künstlichen Trocknung weniger reißt und auch sonst durch Witterungseinflüsse nicht beschädigt wird. Inwieweit die künstliche Trocknung wirtschaftlicher ist, bleibt stets abhängig von der Ausnutzung und den Betriebskosten der Dämpfanlagen. Die künstliche Trocknung ist also im allgemeinen mehr den Sägewerken und großen Holzlagerplätzen als den kleineren und mittleren verarbeitenden Betrieben zu empfehlen.

Die Vorkalkulation

ist in jedem Unternehmen, gleich welcher Bearbeitung man sich zuwendet, das wichtigste Glied der Arbeitsvorbereitung und Betriebsüberwachung. Ihr Bestehen in einem Betrieb schafft allen Tätigkeitsgebieten, die sich um die Erzeugung gruppieren, die Unterlagen. Je g nauer die Vorkalkulation geführt wird, sich also v Schätzen zur einwandfreien Rechnung entwickelt, um klarer durchsichtig werden die Betriebsvorgänge. unsern meisten Holzbetrieben werden heute immer n alle Kosten durch die Nachrechnung ermittelt. Dies h seinen Grund vor allen Dingen darin, daß für Stücklöh wenig Unterlagen vorhanden sind und bei häufig Wechsel der Arbeit angenäherte Erfahrungswerte ni zur Bestimmung eines Akkordes genügen. Erst in letz Zeit sind einige Unternehmer dazu übergegangen, d Beispiel der Metallindustrie folgend, Zeiten zu messen u eine planmäßige Stücklohnaufstellung zu entwickeln.

Die Vorkalkulation in der Holzindustrie ist durch Forderungen der Arbeiterschaft zur Unfallverhütu und durch die besonderen Eigenschaften des R stoffes behindert. In allen Betrieben der Gemisc fabrikation, d. h. also in Betrieben, die Metall und H gleichzeitig bearbeiten, in denen demnach die Holzarbei meist den Tarifgruppen und Arbeitsvertragbestimmung der Metallindustrie unterstehen, werden kaum Schwier keiten für Stücklöhne an Holzbearbeitungsmaschinen macht. Voraussetzung ist allerdings, daß alle Maßrege die die Unfallverhütungsvorschriften anweisen, dur geführt sind. Jede Form des Stücklohnes ist Antrieb f schnelle, genaue Arbeit und verringert Unfälle, weil d persönliche Interesse des Arbeiters an der Arbeit währe ihrer ganzen Dauer geweckt bleibt und ein Dahindä mern mit der dadurch verursachten außerordentlichen U fallgefahr vermeiden läßt.

Die Grundlage genauer Stückzeitberechnung ist au bei der Holzbearbeitung die Auflösung der Ze ten. Übersicht über den Arbeitsverlauf und ihre A wertung wird nur so ermöglicht. Wertvolle Rückschlü auf die Werkstoffauswahl, die Bearbeitungswerkzeu die Betriebshilfseinrichtungen können gezogen werd Für die Einrichtung der praktischen Vorkalkulation wichtig, daß die Maschinenzeiten in der Holzbearbeitu sehr kurz und die Arbeitsgänge oft außerordentlich vi seitig sind, daß also die praktische Vorkalkulati die Überschlag- und Erfahrungsrechnung nicht e behren kann.

Ausgesprochene Massenfertigungen bilden hier ei Ausnahme. Im allgemeinen jedoch müssen die K kulationshilfsmittel so einfach und schnell lesbar w nur irgend möglich sein. Selbst die genaueste Zeitau nahme, bei der es sich nicht nur um reine Maschin zeiten handelt, liefert keine absoluten Werte; alle A korde, die Zuschläge in Hunderteilen enthalten und sich wie in der Holzbearbeitung auf ungleichmäßig Werkstoff beziehen, sind ungenau. Tafeln oder Scha linien, die den Stücklohn nach den Maßen oder d Rauminhalt des zu bearbeitenden Stückes sofort a zulesen gestatten, sind die besten Hilfsmittel. Man m jedoch für die Aufstellung der Schaulinien und für d laufende Nachprüfung der Werte größte Genauigkeit a wenden. Je besser die Zeitaufnahmen in der Werkst ausgeführt, je mehr die Arbeitsvorgänge an den M schinen einer rechnerischen Ermittlung ihrer Zeitwer zugeführt werden, um so mehr kann man sich auf sei Hilfsmittel verlassen.

Die größte Schwierigkeit bei Ermittlung aller Ze werte in der Holzbearbeitung entsteht durch die Ve schiedenheiten des zu bearbeitenden Rohstoffes und d Werkzeuge. Holzart und Härte, Rissigkeit und Ästigke das Maß der Sperrigkeit des Stückes, die Güte der L gerung und des Einschnitts, Ort, Dauer und Art d Trocknung, Alter und Jahresringabstand, die Zeit d Fällung, die Temperatur und der Wassergehalt d Werkstatt beeinflussen die Arbeitsgüte. Es ist unmö lich, bei den Zeitaufnahmen stets die gleiche Arbeitsgü zu erhalten. Jede Zeitaufnahme birgt also schon ein ziemlich großen Grad von Ungenauigkeit in sich, in besondere bei allen nicht selbsttätigen Maschinen.

Welchen Einfluß die angegebenen Umstände auf d Arbeitsgüte haben, ist m. W. bis heute noch nirgen genau ermittelt. Die Vorkalkulatoren der Holzindustr haben auf Grund ihrer Erfahrungen, auf Grund einer f

sie außerordentlich notwendigen guten Werkstoffkenntnis gefühlsmäßig Zuschläge zur Hand, die sie für die normalen Bearbeitungswerte verwenden. Diese Zuschläge zu ermitteln und zusammenzustellen, ist eine Aufgabe, die nach Festlegung von Werkstoff- und Gütebegriffen große Vorteile für die Arbeitsvorbereitung bedeutet.

Die Durchführung von Zeitaufnahmen soll hier nur insoweit gestreift werden, als besondere Bedingungen bei der Holzbearbeitung vorliegen. Mit Rücksicht auf die Griffzeiten ist der Arbeitsplatz vor der Zeitaufnahme in den Zustand zu bringen, in dem er sich bei der betriebsmäßigen Arbeit befindet. Die Stellung des Einlegestapels muß jedes unnötige Bewegen und Drehen vermeiden helfen. Die Anordnung der Ablegefördertische oder -wagen soll eine Arbeit in gleichem Zuge der Bedienungsbewegung ermöglichen. Vor allem versäume man nie, neben den üblichen Feststellungen Gewicht und Sperrigkeit des Werkstücks, Bearbeitung nach Anriß oder mit Anschlag an der Maschine, Stelle der Bearbeitung (Anfang, Mitte oder Ende des Werkstücks), Überhub, Überlauf des Werkzeugs und Größe der Materialzugabe zu notieren.

Die Unterteilung des Arbeitsganges kann ohne besondere Maßnahmen kaum auf alle Griffelemente, wie z. B. Abstapeln, Einlegen, Zuspannen, Bearbeiten, Ausspannen, Ablegen, ausgedehnt werden. Es bewährt sich, die Maschinenzeit vom Beginn bis zum Aufhören des Schneidgeräusches abzustoppen und die Nebenzeiten als Einlegen und Ablegen zu beobachten. Je genauer gleiche Arbeitsbedingungen bei planmäßigen Zeitaufnahmen festgehalten werden, um so mehr braucht man die Aufnahmen nur als Stichproben durchzuführen.

Für die Tätigkeit des Holzkalkulators ergibt sich aus der Vielseitigkeit der Einflüsse auf die Arbeitsgüte, daß er sich nicht nur auf die reine Kostenberechnung beschränken darf. Er muß sich vielmehr auch um den Holzeinkauf, die Lagerung und die Werkstoffausgabe ebenso wie um die Arbeitsverteilung, den Zustand der Werkzeuge und Maschinen weitestgehend kümmern, damit Rücksichten auf die Bearbeitungskosten genommen werden. Grundlegende Ermittlungen für die Holzkalkulation hat Dr.-Ing. O. Beck[2]) bekanntgegeben. Nach jahrelangen Zeitaufnahmen hat Beck Mittelwerte gefunden, die der Nachprüfung sonst angewandter Erfahrungssätze hervorragend dienen können. Das Buch ist ein zuverlässiger Berater bei der Aufstellung von Zeittafeln, die den Bedürfnissen irgend eines Betriebes gerecht werden sollen.

Um eine genaue Stückzeitberechnung und Nachprüfung zu ermöglichen, sind die reinen Maschinen- und Griffzeiten sowie die vertretbaren Verlustzeiten von allen zusätzlichen und entbehrlichen Zeiten befreit worden. Die den Schaulinien zugrunde liegenden Betriebsverhältnisse sind eingehend, z. B. soweit sie sich auf Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten, Zahl und Eigenschaften der Arbeiter an den Maschinen, Zahl der Schnitte usw. beziehen, ebenfalls in Schaulinien oder Zahlentafeln behandelt. Ein besonderer Wert des Buches von Beck liegt noch darin, daß er die Arbeitsvorgänge auch theoretisch betrachtet und Gesetze ableitet, die geeignet sind, den Maschinenkonstrukteur wie den Betriebsingenieur anzuregen.

Der Ablauf des Arbeitsvorganges in der Holzbearbeitung unterscheidet sich von dem der Metallbearbeitung darin, daß das leichte Gewicht der Werkstücke, die geringere Festigkeit des Werkstoffes, der viel kleinere Arbeitsdruck und das faserige, unregelmäßige, durch harte Äste unterbrochene Gefüge, eine andre Arbeitsweise der meisten Maschinen bedingt. Dies betrifft die Vorkalkulation vor allem hinsichtlich der Einteilung der Maschinenbedienung und der Stückzeitfestsetzung für die einzelnen Aufträge. Infolge der Kürze der reinen Maschinenzeit und des Umstandes, daß die Griffzeiten im Mittel 75 bis 80 vH der Grundzeit ausmachen, ergibt sich die Forderung: Verringerung der Griffzeiten des Maschinenarbeiters durch Beistellung einer Hilfskraft zum Einlegen und Ablegen der Werkstücke.

[2]) O. Beck, Die Stückzeitberechnung für Holzbearbeitungsmaschinen, Berlin 1926, VDI-Verlag.

Diese Bedienung durch zwei Leute ist natürlich nur dann wirtschaftlich, wenn die Summe aus der Maschinenzeit und der dem Maschinenarbeiter verbleibenden Griffzeit so groß ist, wie die Zeiten für Abstapeln und Einlegen sowie Abnehmen und Aufstapeln der Werkstücke durch den Hilfsarbeiter. Bei einem Verhältnis des Hilfsarbeiterlohnes zum Facharbeiterlohn von etwa 1 zu 1,5 wird die Leistung der Gruppe auch bei größerer Ungleichheit der gebrauchten Zeiten auf die Werkstückeinheit noch stets eine bessere Ausnutzung der Maschinenanlage als die Einmannbedienung ermöglichen. Auch bei Fertigung kleiner Stückzahlen bleibt dieses Verfahren wirtschaftlich, sofern man nur die gebildeten Gruppen möglichst selten trennt, also das gegenseitige Interesse durch persönliche Bindung bei der täglichen Zusammenarbeit wach erhält und die Maschinen im Rahmen einer übersichtlichen Werkstattorganisation und Arbeitsverteilung beschäftigt.

Im Gegensatz zu den meisten Betrieben der Metallbearbeitung gibt man keine besondere Bestellung für jeden Holzteil, bis auf Ausnahmefälle bei Massenfertigungen. Die Arbeiten werden nach Gruppen zusammengefaßt, und zwar nach gleichartigen Rohstoffen bei gleichen Arbeitsgängen und nach Fertigbauteilen. Die Bearbeitung von Werkstücken, deren Rohstoff gleiche Güte und gleiches Rohmaß hat, kann also vereinigt werden, oder von Werkstücken, die einem bestimmten Teilzusammenbau des Fertigfabrikats angehören. Wirtschaftlich ist das erstere Verfahren vorteilhafter, bessere Betriebsübersicht ergibt das zweite. In der Vorkalkulation bedeutet die Gruppierung Sammelakkorde, die bei der Vorbereitung aus Einzelberechnungen gebildet sind.

Die Verschnittrechnung

ist eng mit der Vorkalkulation verbunden. Viel mehr als die Berücksichtigung des Abfalls in der Metallindustrie beeinflußt sie die Werkstoffauswahl, den Einkauf und den Zuschnitt. Bei der Bestimmung der Werkstoffausnutzung ist stets die Selbstkostenrechnung entscheidend. Was ist für den bestimmten Verwendungszweck, für die Endgüte des Werkstücks wirtschaftlicher: hoher Verschnitt mit geringem Lohnaufwand oder sparsamster Werkstoffverbrauch mit Vorzeichner- und erhöhten Zuschnittlöhnen?

Bei den meisten Harthölzern und teuren Weichhölzern wird man sich heute in Deutschland im wesentlichen für das Vorzeichnen entscheiden. Anders ist es jedoch sehr oft beim Bearbeiten von mittleren Werkstoffgüten. Vergleichskalkulationen, die lediglich Holzpreis, Lohn und festgelegten Unkostensatz der Werkstatt berücksichtigen, sind unzulänglich. Der Unkostensatz ist stets nach dem tatsächlichen Kraftverbrauch der in Frage kommenden Maschinen zu berichtigen, und die Werkzeugauswahl, insbesondere z. B. selbsttätiger Besäum- oder Aufschneidkreissägen, vom Kraftverbrauch und Spanabfall abhängig zu machen.

Welche Bearbeitung für die Ausnutzung des Werkstoffes auch nach noch so gewissenhafter Rechnung vom einzelnen Betrieb als am billigsten gewählt wird, in bezug auf eine gute Gesamtholzwirtschaft kann sie dennoch unzulässig sein. Bei der Verschnittrechnung erkennen wir den außerordentlichen Wert der Rationalisierungsbestrebung innerhalb einzelner Fertigungsgruppen. Z. B. sehen wir mehr und mehr, wie Sägewerke oder Holzhandlungen mit günstigster Rohstoffausnutzung und großer Frachtersparnis bei Verwendung von Sondermaschinen, die im Mittel- oder Kleinbetrieb nicht wirtschaftlich wären, Halbware mit günstigster Preisgestaltung zu liefern in der Lage sind. Der Anteil der Bearbeitungszugaben an der Verschnittrechnung ist schon mit der Konstruktion festgelegt. Um so mehr ist es notwendig, daß die Konstruktion von vornherein ihre Fertigmaße den Maßen der handelsüblichen oder der genormten Rohware anpaßt, damit Sondereinschnitt nicht verlangt werden muß und der Spanabhub in wirtschaftlichen Grenzen bleibt.

Wenn man bedenkt, daß die Rundholzausnutzung etwa bei 70 vH liegt und im Fertigerzeugnis wieder zumeist nur 50 bis 70 vH des Schnittholzes verwertet sind, so

wird man von der Notwendigkeit steter, klarer Verschnittrechnung überzeugt sein. Auf die Behandlung und Verbuchung des Verschnittholzes als Brennholz oder verwertbarer Abfall nach Rücklieferung soll hier nicht näher eingegangen werden.

Die Regelung des Ausschußersatzes bei der Fertigbearbeitung von Holzteilen sei besonders erwähnt, weil man bei einer Übertragung oder Anwendung moderner Fabrikorganisation auf die Holzwerkstätten leicht versucht ist, einen Schritt zuweit zu gehen und die Erfordernisse der Werkstoffeigenschaften des Holzes nicht genügend zu berücksichtigen. Aufträge für Holzteile ohne Werkstoffausschuß sind selten. Es hat sich deshalb bewährt, den erfahrungsmäßigen Ausschußsatz in vH schon bei der Werkstoffvorgabe mit einzusetzen.

Beim Zuschnitt werden also dementsprechend einige Stücke mehr als die bestellte Stückzahl hergestellt und durch die verschiedenen folgenden Arbeitsgänge mitgenommen. Diese Stücke können entweder unmittelbar durch Erhöhung der Stückzahl auf den Auftrag- und Lohnzetteln bezahlt werden, oder man gibt, um die Buchungsvorgänge zu erleichtern, den Stücklöhnen von vornherein einen entsprechenden Zuschlag und läßt die Ersatzstücke mit anfertigen. Das letztere Verfahren ist das bequemste, erschwert aber die genaue Ausschußerfassung. Jede genauere Ausschußerfassung hat sich nach meinen Erfahrungen in der Holzbearbeitung nicht bewährt, vielmehr die Buchungsvorgänge nur erschwert und die Betriebführung verwickelt gemacht.

Betriebsmittel

Auch bei den Betriebsmitteln kann ich nur Fragen besonderer Bedeutung erwähnen. Eine gewissenhafte Arbeitsvorbereitung sichert erst dann den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens, wenn man dauernd der Instandhaltung und Verbesserung der Betriebsmittel seine Aufmerksamkeit zuwendet. Die Werkstatteinrichtung, die Förderanlagen, die Güte der Werkzeuge, Maschinen und Vorrichtungen sind die Voraussetzungen jeder Vorausberechnung. Die Gestaltung und Arbeitsweise der Werkzeuge sind die Grundlagen für den Aufbau, die Lage und die Wirtschaftlichkeit der Maschinen für die Ordnung der Betriebsmittel zueinander, für die Form der jeweiligen Betriebswirtschaft. Um eine Übersicht über die Maschinen und Werkzeuge der Holzbearbeitung zu geben, bediene ich mich der folgenden Aufstellung von Dr.-Ing. O. Beck[3]).

Werkzeug	Werkstück	Maschine
stillstehend	geradlinig vorgeschoben	Furniermessermaschine Schlichtmaschine
„	umlaufend	Drehbank Furnierschälmaschine
umlaufend	radial bis tangential vorgeschoben	Hobelmaschinen (Abrichtemaschine, Vierkanthobelmaschine, Kehlmaschine), Kreissägen (Pendel-, Saum-, Hobelkreissägen), Tischfräse, Zapfenschneidmaschine, Schleifmaschine, Kettenfräsmaschine
„	axial vorgeschoben	Bohrmaschine, Rundstabhobelmaschine, spitzenlose Rundschleifmaschine, Bandsäge
„	umlaufend	Selbsttätige Drehbank, Rundfräsmaschine
hin- und hergehend	geradlinig vorgeschoben	Gattersäge, Baumsäge, Schweifsäge, Stoßmaschine

Die Lücken unsrer Kenntnisse über das Holzbearbeitungswerkzeug sind sehr groß. Über seine wirtschaftliche Gestaltung liegen nur wenige Erörterungen vor. Ich glaube allerdings, daß die Hersteller von Holzbearbeitungsmaschinen weit mehr Unterlagen in den Händen haben, als nach dem Stande der Veröffentlichungen angenommen werden muß. Es ist deshalb zu begrüßen, daß die Ingenieure jetzt versuchen, nach einem für die allgemeinen Kenntnisse unfruchtbaren Zeitabschnitt von etwa vier Jahrzehnten das weite und dankbare Arbeitsgebiet der Holzbearbeitungsindustrie in den Vordergrund zu stellen und die erfahrenen Betriebswirtschaftler sowie Maschinenfabrikanten zur Mitarbeit und zum Verfügungstellen ihrer Unterlagen zu bewegen.

Grundlegend für unser Wissen von der Wirkungsweise und Gestaltung der Werkzeuge und Maschinen sind die Angaben von Professor Hermann Fischer[4]). Eine planmäßige Weiterentwicklung und Vervollkommnung dieser Unterlagen wurde seitdem in Deutschland nur vereinzelt versucht. Die größte Beachtung haben hierbei die umlaufenden Werkzeuge an Hobelmaschinen gefunden. Eine Zusammenstellung der vorliegenden Untersuchungen hat Dr.-Ing. O. Beck in seinem oben angeführten Aufsatz im „Maschinenbau" gegeben. Er selbst hat sich in seinem Buch und in zwei Aufsätzen[5]) auch schon mit den angegebenen Fragen beschäftigt.

Die Zusammenhänge zwischen Vorschub und Anzahl der Messer an Messerwellen werden auch in einer bisher unveröffentlichten Arbeit von Dipl.-Ing. Eisele, Spandau, behandelt, der zu andern Ergebnissen als Beck kommt. Die Arbeit sei deshalb hier wiedergegeben.

Grundlegend für die Wirtschaftlichkeit des Hobelns ist der Grad der Sauberkeit der gehobelten Oberfläche. Eine saubere Spanabnahme bei Hobelmaschinen mit umlaufenden Werkzeugen, die hier nur betrachtet werden sollen, ist in erster Linie bedingt durch das Verhältnis des Vorschubs zur Umdrehungszahl der Messerwelle. Die gehobelte Oberfläche eines Brettes besteht aus Rillen, deren Größe diesem Verhältnis entspricht. Diese Rillengröße darf ein bestimmtes Maß nicht überschreiten, wenn die Oberfläche einwandfrei gehobelt sein soll.

Hat die Messerwelle einer Hobelmaschine 1 Messer bei n Uml./min und beträgt der Vorschub des Werkstückes v m/min, so ist der Vorschub je Messerschlag:

$$e = \frac{v}{n} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1).$$

Diesem Verhältnis muß auch die Rillengröße s entsprechen, Abb. 1:

$$s = e = \frac{v}{n} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2).$$

Befinden sich jedoch in der Messerwelle a Messer, so wird der Vorschub je Messerschlag a mal kleiner, und demzufolge müßte auch die Rille a mal kleiner werden:

$$s = e = \frac{v}{a\,n} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3).$$

Das Brett ist um so sauberer, je kleiner die Rille s ist, und s wäre nach obiger Formel bei einem bestimmten Vorschub v um so kleiner, je größer der Wert $a\,n$ ist. Die Wirtschaftlichkeit verlangt, daß für s ein höchster Grenzwert gefunden wird, bei dem das Holz als noch sauber gehobelt bezeichnet werden kann. Versuche haben gezeigt, daß dieser Wert 2 mm nicht übersteigen darf. Macht z. B. eine Welle mit zwei Messern 4000 Uml./min, so wäre also damit der Vorschub, mit dem höchstens gearbeitet werden darf, gegeben, und zwar wäre

$$v = s\,a\,n = 2 \cdot 2 \cdot 4000 \text{ mm/min} = 16 \text{ m/min}.$$

Dies ist jedoch nur richtig, wenn der Vorschub je Messerschlag gleich der Rillengröße ist, was bei einer Messerwelle mit einem Messer stets der Fall ist, bei einer mit mehreren Messern aber von der Messereinstellung und der Lagerung der Messerwelle abhängt.

Nach obigem Beispiel erhält man als Vorschub je Messerschneide $e_1 = 2$ mm. Sind nun die Messer nicht genau eingestellt, d. h. hat die eine Messerschneide einen größeren Flugkreis-Halbmesser als die andre, so tritt der Fall ein, daß sich nur die Schnittrillen des einen Messers auf der Oberfläche des Brettes abbilden; den Grenzfall zeigt Abb. 2.

[3]) „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 56.

[4]) „Die Werkzeugmaschine" Bd. 2. Berlin, Julius Springer.

[5]) O. Beck, Der Zerspanungsvorgang bei umlaufenden Werkzeugen, „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 1081; Werkzeuggestaltung an Holzbearbeitungsmaschinen, ebenda Bd. 5 (1926) S. 667.

Abb. 1
Schnittrille bei $e = s$ und Einmesserwelle

Abb. 2
Schnittrillen bei ungleichem Flugkreis-Halbmesser der Messerschneiden bei Zweimesserwelle

$e\ e_1$ Vorschub auf einen Messerschlag $s\ s_1$ Rillengröße
r Flugkreis-Halbmesser eines Messers
$r + x$ Flugkreis-Halbmesser des folgenden Messers

Abb. 3
Schnittrillen bei Viermesserwelle
r_2 Flugkreis-Halbmesser des 2. Messers
$r_4 = r_2 + x$ Flugkreis-Halbmesser des 4. Messers
s_2, s_4 Schnittrillen des 2. und 4. Messers

Abb. 1 bis 3
Spanabnahme bei Hobelmaschinen mit umlaufenden Werkzeugen

Man erhält als Betrag x, um den der Flugkreis-Halbsser des einen Messers größer ist als der des andern,

$$x = \sqrt{r^2 + e_1^2} - r.$$

in diesem Falle die Rillengröße $s_1 = 2\,e_1$ ist und $= 2$ mm betragen soll, so ist also $e_1 = \frac{s_1}{2} = 1$ mm. Der ugkreis-Halbmesser der Messerschneide r betrage 60 mm, o ist

$$x = \sqrt{3600 + 1} - 60 = 0{,}008 \text{ mm}.$$

Es zeigt sich also, daß bei einem Vorschub je Messerneide von $e_1 = 1$ mm und bei einem Unterschied der ugkreis-Halbmesser der Schneiden von 0,008 mm nur Schnittrillen des einen Messers die Oberfläche des gebelten Brettes bilden. Eine Messereinstellung auf 08 mm genau ist natürlich nicht möglich; deshalb wern bei einer Messerwelle mit zwei Messern, wenn s m nicht übersteigen, d. h. das Brett sauber gehobelt n soll, immer nur die Schnitte eines Messers auf der erfläche des gehobelten Holzes erscheinen. Man ernnt aber auch ohne weiteres, daß bei zwei Messern mehr oder weniger genaue Einstellung der Messer die Sauberkeit des Hobelns keine Rolle spielt, wenn n berücksichtigt, daß ja nur ein Messer für die Sauberit maßgebend sein kann, d. h. daß $s = 2\,e$ ist und da- $e = \frac{s}{2} = 1$ mm sein muß.

In unserm obigen Beispiel beträgt demnach der zusige Vorschub mit $s_1 = 2$ mm:

$$v_1 = a\,n\,e_1 = a\,n\frac{s_1}{2} = 2 \cdot 4000 \cdot 1 \text{ mm/min} = 8 \text{ m/min}.$$

Betrachtet man nun eine Messerwelle mit vier Messern d hält den Vorschub je Schneide $e = 1 \text{ mm} = \frac{2\,v}{4\,n}$ fest, s den Vorteil des doppelten Vorschubes mit sich brin- müßte, so bekommt man von zwei aufeinanderfolgen- Messern immer nur die Rillen des einen auf die ettoberfläche, da ja, wie bei der Zweimesserwelle, die ugkreis-Halbmesser sicher mehr als 0,008 mm Unteriied aufweisen. Günstigstenfalls werden also immer r die Rillen des ersten und dritten oder die des zweiten d vierten Messers in Erscheinung treten.

Nehmen wir an, das zweite und vierte Messer versachen die auf der Brettoberfläche sichtbaren Rillen. ese Rillen werden jedoch verschiedene Größen haben, ja auch das zweite und vierte Messer keine gleich oßen Flugkreis-Halbmesser haben können, und die ettoberfläche wird Abb. 3 entsprechend aussehen. Bechnet r_2 den Flugkreis-Halbmesser des zweiten Messers, $= (r_2 + x)$ den des vierten Messers, s_2 die zum zweiten esser und s_4 die zum vierten Messer gehörige Schnittle, und ist e_4 der Vorschub je Messerschneide, so ert sich aus Abb. 3:

$$\frac{s_2}{2} + \frac{s_4}{2} = 2\,e_4$$

r

$$s_2 + s_4 = 4\,e_4,$$

ferner

$$r_2^2 - \left(\frac{s_2}{2}\right)^2 = h^2,$$

$$(r_2 + x)^2 - \left(\frac{s_4}{2}\right)^2 = h^2$$

und durch Abziehen

$$x^2 + 2\,r_2\,x + \frac{s_2^2}{4} - \frac{s_4^2}{4} = 0,$$

oder da $s_2 = 4\,e_4 - s_4$ ist,

$$x^2 + 2\,r_2\,x + \frac{1}{4}\,(16\,e_4^2 - 8\,e_4\,s_4) = 0.$$

Daraus erhalten wir

$$s_4 = \frac{4\,e_4^2 + 2\,r_2\,x + x^2}{2\,e_4},$$

also

$$s_2 = 4\,e_4 - \frac{4\,e_4^2 + 2\,r_2\,x + x^2}{2\,e_4}.$$

Es sei $e_4 = 1$ mm, r_2 soll wieder 60 mm betragen, also:

$$s_4 = \frac{4 + 120\,x + x^2}{2},$$

$$s_2 = \frac{4 - 120\,x - x^2}{2}.$$

Nimmt man den Unterschied der Flugkreis-Halbmesser zu 0,02 mm an, was eine Genauigkeit der Messereinstellung bedeutet, die in der Praxis kaum erreicht wird, so erhält man:

$$s_4 = \frac{4 + 2{,}4 + 0{,}0004}{2} = 3{,}2002 \text{ mm},$$

$$s_2 = \sim 0{,}8 \text{ mm}.$$

Trotz der genauen Messereinstellung von 0,02 mm entspricht demnach dies so gehobelte Brett nicht der gewünschten Sauberkeit, da s_4 den oben angegebenen Wert von 2 mm übersteigt. Daraus folgt also, daß der Vorschub bei gleicher Sauberkeit gegenüber der Zweimesserwelle nicht verdoppelt werden kann. Wie schon erwähnt, kann die Messereinstellung von 0,02 mm nur ein Ausnahmefall sein. Deshalb wird für gewöhnlich, ebenso wie bei der Zweimesserwelle, nur ein Messer Schnittrillen auf der gehobelten Oberfläche hinterlassen. Das bedeutet im obigen Beispiel: $s_2 = 0$ und daher $s_4 = 4$ mm; daraus erhält man:

$$s_4 = 4 = \frac{4 + 120\,x + x^2}{2},$$

$$x = 0{,}033 \text{ mm}.$$

Die Schnittrille s wird also unter den vorausgesetzten Verhältnissen bei der Hobelwelle mit vier Messern 4 mm breit, wenn ein Messer gegenüber den andern um 0,033 mm vorsteht. Ebenso wie bei der Zweimesserwelle ist auch hier nur das eine Messer für die Sauberkeit maßgebend, und es besteht in dieser Hinsicht kein Unterschied zwischen einer Welle mit zwei und einer mit vier Messern. Versuche haben gezeigt, daß selbst bei Messerwellen, die eine Feineinstellung ihrer Messer haben, Unterschiede bis zu 0,1 mm in der Messereinstellung nicht zu vermeiden sind.

Ganz abgesehen von der Messereinstellung ist aber schon ein Spiel in der Lagerung von 0,03 bis 0,04 mm auch bei Präzisions-Kugellagern nicht zu vermeiden.

Aus diesen Gründen darf man bei Vermehrung der Messer nicht von einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Hobelmaschine sprechen. Dies könnte man nur, wenn es auf die Sauberkeit nicht ankäme. Für gewöhnlich wird man jedoch bestrebt sein, ein sauber gehobeltes Brett zu erhalten, und dies ist mit der Zweimesserwelle genau so zu erreichen wie mit einer Viermesserwelle. Aus der Hobelmaschine ist deshalb nur eine größere Wirtschaftlichkeit herauszuholen, wenn ihre Konstruktion höhere Drehzahlen der Messerwelle zuläßt.

Soweit die Ausführungen von Eisele. Die Voraussetzung Becks, daß sich alle Messerschneiden in der gleichen Entfernung von Messerwellenmitte befinden, mußte auf ihre praktische Wirksamkeit untersucht werden, damit der Vier- oder Mehr-Messerwelle der Platz eingeräumt wird, der ihr zukommt. Abrichtmaschinen zur Vorbearbeitung des Holzes mit großer Spantiefe (im Mittel 2 bis 3 mm), Vierkanthobelmaschinen mit Putzkasten brauchen sie, um das durch den Vorschub (bei letzteren bis zu 90 m/min) herangebrachte, sekundliche Spanvolumen durch das Produkt aus Spanraum vor der Schneide und sekundlicher Messerschlagzahl zu bewältigen.

Ausbildung der Werkzeuge und sonstigen Betriebsmittel

Die Ausbildung der Spanlücke, die Form des Keiles und nicht zuletzt die Winkel der Messer sind in ihrer Wirkung auf die Sauberkeit der Spanabhebung und den Kraftverbrauch in jeder Beziehung noch untersuchungsbedürftig und -würdig. Hierbei halte ich die Verschiedenheit in der Ausbildung des Schneidenprofils bei Sägen, Hobelmessern und Fräsern nicht für grundsätzlich, sondern sehe sie hervorgerufen durch die Faserung.

Der Längsschnitt bedarf andrer Werkzeuge als der Hirnschnitt; er verdient an dieser Stelle deshalb besondere Beachtung, weil die Fasern meist nicht parallel zur Schneidrichtung liegen. Befindet sich die Spitze des zwischen Faser- und Schneidrichtung liegenden Winkels nicht vor der Schneide, sondern umgekehrt, so versucht der von der Brust des Messers auf den Span ausgeübte Druck den Span abzuspalten und läßt den Spalt tief in das Holz eindringen. Bei jedem Schrägverlauf der Faserrichtung zur Schnittfläche muß deshalb der Span schnell gebrochen, also eine Stauchwirkung durch Keil oder Klappe und nahe am Messer liegende Tisch- oder H[illegible] sohlenkante künstlich hervorgerufen werden.

Ich erwähne das, weil man leicht versucht ist, Erfahrungen aus der Metallbearbeitung die beson[illegible] Einflüsse der Struktur des Holzes auf den Arbeitsvor[illegible] zu übergehen, und weil wir hier die Grundlage [illegible] Schneidenausbildung für den Längsschnitt vor uns ha[illegible] Für die Konstruktion der Fräsmaschinen ist die sch[illegible] Faserrichtung zur Schnittfläche sogar ausschlaggeb[illegible] Je nach der Lage des oben erwähnten Winkels muß [illegible] den heute noch üblichen Werkzeugen jeweils mit Li[illegible] oder Rechtsdrehung gearbeitet werden. Daß man [illegible] den hinterdrehten Fräsern unter Verwendung von Do[illegible] fräsern vor den sogenannten Kronenfräsern mit U[illegible] brechung des Betriebes durch Änderung der Drehrich[illegible] und ihren ungünstigen Schneidwinkeln sowie gr[illegible] Kraftverbrauch den Vorzug zu geben hat, dürfte [illegible] allgemein anerkannt sein. Ob es jedoch möglich ist, [illegible] hinterdrehten Fräsern in einer Drehrichtung auch „g[illegible] den Span" sauber zu arbeiten, ist noch sehr umstri[illegible] wenngleich es Fräser gibt, die diese Aufgabe erfüll[illegible]

So wie ich hier auf Fragen hinweisen durfte, [illegible] der Klärung und Untersuchung harren, können wi[illegible] bei eindringlicher Beschäftigung mit den Betriebsmi[illegible] überall in der Holzbearbeitung tun. Seien es nun [illegible] Werkzeuge in ihren Beziehungen zu Kraftbedarf, Sch[illegible] geschwindigkeit, Vorschub, Stärke, Reibung, Schränk[illegible] Schneidhaltigkeit usw. oder die Maschinen mit den Fr[illegible] der Lagerung, des Schwingungsausgleiches und der K[illegible] übertragung auf unmittelbarem oder mittelbarem W[illegible] oder die Betriebshilfsmittel zur Erleichterung der W[illegible] stoffbewegung, des Zusammenbaues, der Oberfläc[illegible] behandlung in Poliererei und Lackiererei, zur Verhüt[illegible] der Unfallgefahr und zur Güteerhaltung des Werksto[illegible]

Die Holzbearbeitung bedarf der Mitarbeit des [illegible] genieurs, der Lehranstalten dringend. Die Betriebsw[illegible] schaft sowohl in ihren allgemeinen Vorbedingungen [illegible] in bezug auf ihre innere Arbeitsvorbereitung in technis[illegible] und organisatorischer Hinsicht verdient außerordentl[illegible] Aufmerksamkeit. Es darf aber auch noch einmal be[illegible] werden, wie sehr gerade bei der Holzbearbeitung die [illegible] kenntnis notwendig ist, nicht an den Erfahrungen [illegible] am Wissen derjenigen vorüberzugehen, die im w[illegible] tätigen täglichen Schaffen die besonderen Erfordern[illegible] des Werkstoffes und seiner Bearbeitung kennen gel[illegible] und uns überliefert haben. [B 38[illegible]

Selbsttätige Feuerungsregelung [1]

Während amerikanische Regelvorrichtungen hauptsächlich für Großkessel entwickelt wurden, bemüht man sich in Deutschland um vereinfachten Aufbau zur wirtschaftlichen Einführung der Feuerungsregler bei kleinen Kesseln. Die Kennlinien des Kessels entscheiden darüber, ob es zweckmäßig ist, bis zu den kleinen Belastungen alle Kessel parallel arbeiten zu lassen, einzelne Kessel abzustellen oder sie unbelastet in Bereitschaft zu halten.

Bei der Regelung mit Hilfe von Drücken und Druckunterschieden, die quadratisch mit der Dampf-, Rauchgas- und Kohlenmenge zunehmen, sind die verfügbaren Regelkräfte bei tiefer Last nur sehr gering, da diese Meßgrößen stark abnehmen. Durch Erhöhung der Empfindlichkeit ist es aber gelungen, die Abmessungen der Regler und Ölbremsen zu verkleinern, und durch Anwendung von Federreglern konnten die Ölbremsen überhaupt beseitigt werden.

Der Umfang der Regelung kann sich oft auf die Einstellung der Luftzufuhr nach Maßgabe der Belastung beschränken, wozu bei geringer Last außer dem Rauchgasschieber auch eine Klappe für den Luftzutritt beeinflußt werden muß. Die Regelteile für die Steuerung der Kohlenzufuhr hat man durch Einführung von Meßgebläsen vereinfacht, die die bisher erforderlichen Fliehkraftregler ersetzen.

Zur Regelung des Luftüberschusses benutzt man Rauchgasprüfer, die bei Abweichungen im CO_2-Gehalt in kurzen Zeitabständen das Verhältnis von Luft- und Kohlenmenge verstellen, das eine Vorsteuerung fortlaufend einregelt. Diese Regelung mittels Rauchgasprüfers läßt sich bei [illegible] lagen mit geringen Schwankungen der Belastung in [illegible] Weise ausbauen, daß die Schwankungen nur von einzel[illegible] nach der Belastung geregelten Kesseln übernommen wer[illegible] während die gleichbleibende Grundlast von den and[illegible] Kesseln gedeckt wird, die gleichförmig belastet sind [illegible] nur nach dem CO_2-Gehalt geregelt werden.

Durch Verstellen der Ungleichförmigkeit der Feuerun[illegible] regler kann man die Speicherwirkung des Kesselwas[illegible] planmäßig ausnutzen; dagegen kann bei falscher Einstell[illegible] ein Überregeln eintreten, wobei die Speicherwirkung [illegible] Kessels den Vorgang in der Feuerung ungünstig beeinfl[illegible] Ruths-Speicher, Gleichdruckspeicher und Feuerungsregler [illegible] gänzen einander in der Wirkungsweise. Mittels eines Ha[illegible] steuerwerkes kann man Feuerungsregler und Wärmespei[illegible] gemeinsam steuern, so daß sie nacheinander bei bestimm[illegible] Belastungen oder bei Störung des Wärmegleichgewichts [illegible] greifen. In Hütten- und Zechenbetrieben kann man mit H[illegible] von Feuerungsreglern vorhandene Gasspeicher ausnut[illegible] um die Schwankungen im Dampfbedarf von den Rostfe[illegible] rungen fernzuhalten; das erleichtert die Aufgabe, hier [illegible] Dampfbedarf mit Überschußgas und Abfallkohle zu deck[illegible]

Unentbehrlich ist die Feuerungsregelung bei Hochdru[illegible] Dampfanlagen. Betriebe, die mit Hochdruck- und mit Nied[illegible] druckdampf arbeiten, können selbsttätig derart geregelt w[illegible] den, daß der Hochdruckteil die Grundlast, der Niederdru[illegible] teil die Lastschwankungen übernimmt. Reine Hochdru[illegible] anlagen steuert man von einem Regelspeicher im Mitt[illegible] druckgebiet oder mittels einer Schnellregelung, deren V[illegible] steuerung durch die Lastschwankungen und deren Na[illegible] steuerung durch Druck und Temperatur des Dampfes [illegible] einflußt wird. Hier strebt man nach einer Betriebseinh[illegible] von Kessel, Kraftmaschine und Wärmespeicher. [N 419]

[1] Auszug aus dem Vortrag von Obering. Th. Stein, Berlin, in der Fachsitzung „Dampftechnik" gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 1927; vergl. a. S. 752 und 753 dieses Heftes.

Ingenieur und Anstrichtechnik

Von Dr.-Ing. Paul Nettmann, Charlottenburg

Vorgetragen in der Fachsitzung „Anstrichtechnik" anläßlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927.

Formgebung und Anstrich — Auftragen der Schutzschicht — Prüfung der Spritzgeräte — Berechnung der Auftragarbeit

Es liegt im Wesen der Ingenieurtätigkeit, für auftauchende Aufgaben schnelle Lösungen zu finden und sie sofort verantwortlich in die Praxis umzusetzen. Bei der Verzwicktheit seiner Arbeiten und der hohen Verantwortung, die auf dem Ingenieur lastet, ist es nicht zu verwundern, daß er sich bisher wenig um die Oberflächenbehandlung der von ihm hergestellten Erzeugnisse gekümmert hat. Leider muß festgestellt werden, daß sich zum Nachteil des Ingenieurs der Chemiker als Erzeuger dieses Gebietes bemächtigt hat. Die Ausführung wurde allerdings auch hier dem Maler und Anstreicher überlassen. Die Einführung der Fließarbeit und die Forderung nach billigster Herstellung haben es zwangläufig mit sich gebracht, daß mit wissenschaftlichem Rüstzeug an die Lösung der Aufgabe der Anstrichtechnik herangegangen wurde. Es ist heute möglich, durch mechanisiertes Auftragen der Flächenbezüge die Fertigstellung der Erzeugnisse ganz erheblich zu verbilligen und zu beschleunigen. Die Oberflächenbehandlung[1]) spielt bei der Erzeugung von Gütern eine zweifache Rolle, nämlich erstens, die Ware für den Käufer begehrlich zu machen (man denke an die Kraftwagenlackierung, Vernickelung, Vergoldung usw.), und zweitens, den Gegenstand zu erhalten oder gegen äußere zerstörende Einflüsse zu schützen.

Formgebung und Anstrich

Abb. 1 bis 3 zeigen die Anbringung einer Leiste. Wird diese mit rechteckigem Querschnitt aufgelegt, Abb. 1, so ergibt sich, daß an den senkrecht stehenden Flächen auf der Unterlage eine Anhäufung des Oberflächenüberzuges eintritt, während an den Außenkanten der Farbfilm gespannt wird, so daß durch die Formgebung der Beschädigung und nachfolgenden Zerstörung des Ganzen Vorschub geleistet wird. Besser ist schon die Anbringung einer gewölbten Leiste, Abb. 2. Wenn auch hier der Lackfilm sich besser der äußeren Gestalt anschmiegt, so muß bedacht werden, daß Unterlage und Leiste, besonders beim Kraftwagen, gegeneinander eine Schwingbewegung ausführen. Hierdurch platzt der Flächenbezug an den aufliegenden Stellen ab, es dringt Feuchtigkeit ein, der Flächenbezug wird zerstört und mit ihm auch die Unterlage nebst Leiste. In neuerer Zeit hat man diese grundsätzlichen Nachteile in einfachster Weise durch die sogenannte Stanzleiste beseitigt. Bei der Herstellung einer Stahlkarosserie wird die Leiste bogenförmig in das Blech gestanzt, Abb. 3, wobei ein glatter Übergang des Farbfilms gewährleistet ist und eine Relativbewegung nicht mehr eintreten kann. Verschönert kann eine solche Stanzleiste werden, indem man sie durch farbige Striche absetzt.

Ein weiteres Beispiel zeigt eine Verkleidungsleiste bei aneinanderstoßenden Blechen, Abb. 4. Es ist hier ohne weiteres zu sehen, daß die Verkittung der Schraubenköpfe wegen der Bewegung herausbricht, daß der Oberflächenbezug an den Auflageflächen der Leiste abplatzt und daß Feuchtigkeit die Schrauben, die Bleche und die Unterlage gründlich zerstören kann. Durch stumpfes Schweißen der Bleche sind diese schweren Nachteile mit einem Schlage beseitigt, Abb. 5. Werden blankgewalzte Bleche benutzt, so kann der Flächenüberzug sogar sofort aufgetragen werden. Als oberster Grundsatz bei der Konstruktion, sofern sie von der Oberflächenbehandlung betroffen wird, gilt also, die Fließformen einzuhalten, wodurch der Lack gleichmäßig verteilt und die Oberfläche gleichmäßig abgenutzt wird. Neuerdings wird auch da, wo der Oberflächenbezug durch Tauchen oder Übergießen erzeugt wird, eine Abfließ- oder Gießform verlangt, die den glatten Abfluß gewährleistet. Am wichtigsten für die Erhaltung der Oberflächenbezüge ist die einwandfreie

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 461.

Vorbereitung der aufnehmenden Fläche.

Es kann sich hier um Entrosten, Aufrauhen, Holztrocknung, Polieren, Schleifen usw. handeln. In der Industrie am weitaus gebräuchlichsten ist die Entrostung, da das Eisen den Hauptherstellungsstoff bildet. Sie kann mit der Hand, mechanisch oder chemisch, erfolgen. Bemerkenswert ist, daß im Gegensatz zu dem bekannten alten Sandungsverfahren heute die Verwendung von Stahlkies sich mit großem Erfolg einführt. Die wirtschaftlichen Vorteile des Verfahrens stützen sich auf die Ersparnis von Arbeitslöhnen. Die im Jahre nötige Sandmenge beträgt rd. das 30fache der notwendigen Stahlkiesmenge. Dementsprechend sind auch die Betriebskosten geringer. Ferner entfällt hier das lästige und kostspielige Anwärmen des Sandes. Auch in gesundheitlicher Hinsicht ist die Entrostung mittels Stahlkieses einwandfrei, da die große Staubentwicklung fortfällt. Die geringere erforderliche Menge Stahlkies bringt es mit sich, daß im Kreislauf gearbeitet werden kann.

Obschon beim Stahlkiesverfahren der Luftdruck um 1 at höher ist, stellt sich dieses neue Verfahren wirtschaftlich günstiger als das alte Verfahren. Die Ersparnis beträgt bei Blechentzunderungsmaschinen rd. 25 ₰/m². Zu bedenken ist hierbei, daß der Verschleiß an Schläuchen und Düsen größer ist. Es bedarf noch eingehender Prüfung, wie hoch sich diese Kosten stellen.

falsch besser richtig

Abb. 1 bis 3 Anbringung einer Leiste mit darauffolgendem Farbanstrich

Abb. 1 bis 5 Gestaltung der Oberfläche mit Rücksicht auf den Farbüberzug

Abb. 4 Verkleidungsleiste mit Verschraubung. Falsch.

Abb. 5 Stumpfes Schweißen der Bleche. Richtig.

Abb. 4 und 5 Verbindung aneinanderstoßender Bleche

Wie durchweg alles Gute und Neue, ist auch dieses Verfahren mit einem schwerwiegenden Nachteil behaftet; man hat noch kein Verfahren gefunden, den anfallenden Rost und Zunder vom Stahlkies zu scheiden. Der Stahlkies besteht aus kleinen Stahlsplittern, die rd. ½ bis 1 mm³ Rauminhalt haben. Es ist verständlich, daß sich beim Arbeiten diese feinen Teilchen mit einer immer größer werdenden Menge von Roststücken und Zunder in allen Größen vermischen. Man hat durch Zerkleinern oder Mahlen der anfallenden Mischung und durch Siebemaschinen versucht, den Stahlkies wiederzugewinnen. Es leuchtet sofort ein, daß dieses Verfahren sehr kostspielig ist und nicht befriedigen kann. Auch mit magnetischer Scheidung hat man es versucht, da aber der Rost auch magnetisch ist, so ist auch dieses Verfahren unzulänglich.

Ein Weg, der bisher nicht beschritten wurde, aber zweifellos einen Erfolg verbürgt, ist das Auswaschen des Stahlkieses mit rostlösenden Mitteln, beispielsweise Ekrasin oder Rinatol. Hierbei besteht der Nachteil, daß der sofort

Abb. 6. Entrosten eines Schiffbodens mittels Sandblom-Hammers

anfallende blanke Stahlkies, wenn er nicht mit siedend heißem Wasser gewaschen und trockengehalten wird, sofort anrostet.

Ekrasin ist ein Entrostungsmittel, das durch sein Lösevermögen auf die Oxyde wirkt. Es wird gebrauchsfertig geliefert, darf nicht verdünnt und in Metallgefäße umgefüllt werden. In den meisten Fällen ist eine Vorbehandlung bei Verwendung von Ekrasin nicht erforderlich. Es wird auf kleine Flächen aufgegossen und mit einem Pinsel verteilt, große Flächen (z. B. Karosserien) werden unmittelbar mit dem Pinsel bestrichen. Die Pinsel sind nach Gebrauch sorgfältig mit Wasser zu reinigen.

Als Entrostungsmittel anzustreichender eiserner Gegenstände wird zweckmäßig Rinatol verwendet. Es wird ebenfalls gebrauchsfertig geliefert, so daß eine weitere Verdünnung nicht erforderlich ist.

Ein zweiter Weg liegt in der Erkenntnis, daß Rost ein spezifisches Gewicht von 4 hat, während der Stahlkies ein spezifisches Gewicht von rd. 8 hat. Man sieht, wie schon die einfache Vorbereitung der Oberfläche für den Ingenieur eine ganze Fülle von Aufgaben bringt. Des weiteren sei daran erinnert, daß Siliziumkarbid, aus dem die Schleifscheiben hergestellt werden, in körniger Form bei der Aluminiumherstellung als Abfallerzeugnis entsteht. Dieses ist stets trocken und so hart wie Diamant. Der Ersatz von Stahlkies durch Siliziumkarbid wäre wirtschaftlich von großem Vorteil, da der Stahlkies aus Amerika bezogen wird. Einleuchtend ist, daß man Rost mit Leichtigkeit magnetisch abscheiden kann.

Die Handentrostung läßt sich nur dann anwenden, wenn es sich um die Oberflächenbehandlung von Gegenständen handelt, die im geschlossenen Arbeitsgang vorbereitet werden können, aber nicht bei großen Kunstbauten aus Eisen, wie z. B. Eisenbahnbrücken, Gittermasten und -türmen, und beispielsweise eisernen Schiffskörpern. Um die hier in Betracht kommenden Flächen zu entrosten, muß man mechanische Entrostung anwenden.

In neuerer Zeit hat der elektrische Entrostungshammer von Sandblom die Entwicklung auf diesem Gebiet erheblich gefördert, Abb. 6. Der Sandblom-Hammer besteht aus einem fräserartigen Kopf, der elektrisch angetrieben wird und bei dem die Zähne gelenkig angebracht sind. Der Kopf läuft um, während die Zähne oder Klauen nach außen geschleudert werden. Beim Auftreffen auf die Arbeitsfläche prallen die Zähne zurück und verhindern so eine Beschädigung der Metallfläche. Die stark reinigende Wirkung dieses Hammers ist darauf zurückzuführen, daß die Klauen rd. 50 bis 60 000mal in 1 min auftreffen. Besonders bemerkenswert ist, daß sich bei diesem Verfahren kein Staub entwickelt. Der Hammer leistet das Zehnfache des Handhammers und das Dreifache des Drucklufthammers.

Über den Einfluß der durch die Entrostung hervorgerufenen Aufrauhung auf den Farbanstrich gehen die Meinungen sehr auseinander. Auf der einen Seite wird behauptet, der Anstrich verankere sich entsprechend, anderseits, die spitzen Metallerhöhungen durchbrechen den Farbfilm und beschleunigen so dessen Zerstörung.

Es ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit, wie weit die mechanische Entrostung überhaupt getrieben werden soll. Man hat daher in neuerer Zeit ein gemischtes Verfahren, teils mechanisch, teils chemisch, eingeführt. Wie wichtig diese Fragen sind, geht daraus hervor, daß die Deutsche Reichsbahngesellschaft der Reihe nach die Oberflächen von 10 Überbauten von insgesamt 3600 m² vor dem Schutzanstrich auf folgende Weise bearbeiten läßt: Handentrostung, Entrostung mit elektrischem Hammer, Sandstrahlentrostung, elektrischer Hammer und Sandstrahlentrostung, elektrischer Hammer und chemische Entrostung, Handentrostung und chemische Entrostung, chemische Entrostung allein, Entrostung mit Siliziumkarbid, Entrostung mit Stahlkies, Entrostung durch Sand und chemische Mittel. Ferner hat die Deutsche Reichsbahngesellschaft angeordnet, daß die Oberflächenvorbereitung und die Aufbringung des Schutzanstriches von ein und demselben Unternehmen verantwortlich auszuführen ist.

Ist die zu schützende Fläche metallisch rein, so kann mit dem Schutzüberzug begonnen werden. Im allgemeinen ist die gereinigte Fläche uneben und muß durch Grundieren und Spachteln mit nachträglichem Schleifen behandelt werden. Gegenstände, die eine Hochglanzlackierung erhalten sollen, werden nach dem üblichen Verfahren in der Weise vorbereitet, daß diese Gegenstände zunächst mit einer passenden Grundierung versehen, dann gespachtelt, schließlich geschliffen und endlich fertig lackiert werden. Damit bei der Fertiglackierung der gewünschte Hochglanz erreicht wird, muß eine vollkommen glatte und ebene Fläche geschaffen werden, die die Endlackierung aufnimmt. Aus diesem Grunde ist das sogenannte Spachteln nötig, Abb. 7.

Abb. 7 Spachtelpistole

Man versteht unter Spachteln die Auftragung der Spachtelmasse, die in flüchtigen Lösungsmitteln oder fetten Ölen gelöste oder suspendierte Körper enthält; diese dringen in die Poren ein und liefern eine glatte Oberfläche. Da das flüchtige Lösungsmittel nur durch Verdunsten entfernt werden kann, können jeweils nur dünne Schichten der Spachtelmasse aufgetragen werden, da sonst Risse entstehen würden. Die gespachtelte Fläche wird abgeschliffen, um sie hinreichend eben zu machen. In vielen Fällen muß das Spachteln und Schleifen sehr oft wiederholt werden, bis eine glatte Schicht gegenüber der Dicke erreicht ist. Es entsteht dadurch ein entsprechender Arbeitsaufwand, der die Arbeit sehr verteuert und verlängert, ohne daß eine absolute Gewähr für einen befriedigenden Erfolg gegeben ist, das Ergebnis hängt vielmehr stark von der Geschicklichkeit und dem guten Willen des Arbeiters ab.

Für den Ingenieur bietet sich hier ein Betätigungsfeld insofern, als eine billige Spachtelschleifmaschine vom Verbraucher verlangt wird. Diese muß gegenüber dem Handschleifen ganz erhebliche Vorteile bieten. Es ist dabei gleichgültig, ob die Maschine durch Druckluft, elektrischen Strom oder biegsame Welle angetrieben wird. Man sucht heute das Spachteln und das zweifellos teure Schleifen zu ersetzen, indem man kaltgewalzte blanke Bleche verwendet. Bei diesen muß peinlichst darauf geachtet werden, daß sie nicht Fingerabdrücke oder Fettflecken erhalten, da sonst der Schutzbezug abblättert.

Abb. 8
Schnitt durch eine Spritzpistole („Luftpinsel")

a Druckluftkessel
b Hauptlenker
c Nadelpuffer
d Gegenlenker
e Hebel

Auftragen der Schutzschicht

Ist die Fläche für die Aufnahme des Schutzbezuges vorbereitet, so schreitet man zum Auftragen der Schutzschicht. Dies geschieht heute nach dem Hoch- oder Niederdruck-Spritzverfahren.

Abb. 8 zeigt den Schnitt durch eine Spritzpistole. Unten wird die Luft zugeführt, deren Eintritt durch einen Hebel und ein Ventil mit hohlem Griff geregelt wird. Aus dem oben befindlichen Becher tritt die Farbe frei zu. Die Abgabe der Farbe wird durch ein Nadelventil geregelt. Wird der Hebel bis zum Druckpunkt bewegt, so öffnet sich das Druckluftventil und die Druckluft bläst frei aus der Pistole heraus; erst dann kann der Gegenstand abgeblasen werden. Bei weiterem Durchziehen des Hebels weicht die Nadel gegen den Federdruck zurück, und der Farbzulauf wird freigegeben. Die Farbe wird also mittels Druckluft zerstäubt. Dies ist ein ähnlicher Vorgang wie beim Blumenzerstäuber. Die Luft ist hier Träger der Flüssigkeit und sorgt für die feinste Verteilung. Eine solche Vorrichtung hat auch den Namen „Luftpinsel".

In Abb. 9 bedeutet *a* die zu streichende Fläche, *b* ist der Farbluftstrahl und *c* die Spritzdüse. Die Düse *c* ist immer ein verwickeltes Gebilde, im einfachsten Fall eine Luftdüse, die die Farböffnung konzentrisch umschließt. Die Drucklufthülle erzeugt vor der Farböffnung eine Luftleere, die den Ausfluß der Farbflüssigkeit unterstützt. Für den Ingenieur bleibt zu untersuchen, welchen Anteil die

Abb. 9 und 10
Vorgang beim Farbspritzen

a zu streichende Fläche
b Farbluftstrahl
c Spritzdüse
d Farbnebel

einzelnen Elemente und Stoffe an dem Zustandekommen des Anstriches nehmen. Abb. 10 zeigt das Aufkommen der gefürchteten Farbnebel *d*. Bei fortlaufendem Spritzen werden auf der Außenfläche des Spritzkegels Wirbel abgelöst, und zwar im Verzögerungsgebiet. Dieses liegt zwischen der Mantelfläche des Spritzkegels und der ruhenden Luft. Es ist ein Spritzvorgang denkbar, der mit Unterbrechungen arbeitet, also ein sogenanntes Impulsspritzen aus der Ruhe. Man hat es dann mit einer Anfangsströmung zu tun, die theoretisch wirbel- und nebellos verläuft. Fraglos liegt in dieser Richtung die Weiterentwicklung der Spritztechnik. Wenn man bisher auch mit Druckluft von über 6 at Spannung gearbeitet hat, so ist doch heute als Erfolg zu verbuchen, daß normalerweise eine gute Farbspritzpistole mit 2 at zu betreiben ist.

Abb. 11 zeigt eine Arbeitspistole mit Flachspritzdüse, Farb- und Luftdruckregelung. Die Pistole ist für ununterbrochene Farbzuführung eingerichtet.

Abb. 12 und 13 zeigen das dazugehörige Farbdruckgefäß in alter und neuer Anordnung. Auf dem Farbdruckgefäß sind vereinigt das Rührwerk, der Druckmesser für die Druckluft und der Druckmesser für den Farbdruck. Ferner ist ein Druckminderventil für Druckluft eingebaut. Der Deckel, in dem die Armaturen vereinigt sind, ist durch Lösen der seitlichen Klemme mit Flügelschrauben sofort zu entfernen.

Die in Vorstehendem gezeigten Geräte erzeugen alle die in Abb. 10 gezeigten gesundheitschädlichen Nebel. Hier eröffnet sich für den Ingenieur ein großes Betätigungsfeld. Rein theoretisch ist zu untersuchen, wie sich der Farbstrahl und die Nebelabsaugung gegenseitig beeinflussen.

Abb. 14 zeigt eine schraffierte Fläche *d e f g*, einen Saugkörper darstellend, der in die Spritzzone eingebracht wird. Es ist zu untersuchen, wie sich die Luft- und Nebelströmung verteilt. Ein Hilfsmittel für diese Untersuchungen ist das bekannte Staurohr, oder eine elektrische Luftsonde[2]). Z i m m benutzt

[2]) Vergl. „Untersuchung über die Strömungsvorgänge im freien Luftstrahl", Forschungsarbeiten des V. d. I. Heft 234.

Abb. 11
Arbeitspistole mit Flachspritzdüse, Farb- und Luftdruckregelung

Abb. 12 und 13
Farbdruckgefäß, alte und neue Ausführung, mit Luft- und Farbdruckmesser und Druckminderventil nebst Rührwerk

Abb. 14
Hineinbringen eines Saugkörpers in die Spritzzone

a zu streichende Fläche
b Farbstrahl
c Spritzdüse
d e f g Saugkörper

Abb. 15
Bestimmung der Strömrichtung mittels gespannter Fäden. Die lotrecht gespannten Fäden sind schwarz, an ihnen sind weiße Seidenfäden befestigt.

eine Hitzdrahtsonde, die er von der Strömung anblasen läßt. Durch ein Spiegelgalvanometer und eine Wheatstonesche Brückenschaltung mißt er den Abkühlverlust, der proportional der Strömgeschwindigkeit ist. Mit diesem Gerät kann ein Strömungsfeld schnell abgetastet werden, so daß Strömungsverteilung nach Richtung und Größe aufzuzeichnen ist. Mit einem solchen Gerät kann auch die Verteilung der Strömungsenergie bestimmt werden. Um einen Anhalt über die Strömrichtung zu erhalten, kann man sich gespannter Fäden bedienen, Abb. 15, die lotrecht gespannten Fäden sind schwarz, und an diesen sind weiße Seidenfäden befestigt. Die Einstellung der weißen Fäden in Richtung der Strömung kann photographisch festgehalten werden.

Bei der Beseitigung der Farbnebel benutzt man sogenannte Exhaustoren. Gebräuchlich ist die Anordnung nach Abb. 16. Der Exhaustor *a* saugt die Dämpfe an, während Exhaustor *b* sie abdrückt. An den Stellen 1 bis 6 kann man durch Stauröhren die verschiedenen Volumina messen. Die Exhaustoren sind liegend angeordnet. Der Hauptnachteil solcher Vorrichtungen ist, daß im Winter die warme Luft aus den Räumen entfernt wird, oder aber es wird völlig verdorbene Luft dem Raum wieder zugeführt.

Es gibt zwei Wege, hier helfend einzugreifen, die in Abb. 17 und 18 gezeigt sind. Abb. 17 stellt dar, wie die sonst verlorengehende Wärme der schlechten Abluft zum Vorwärmen der Frischluft einer Luftheizung benutzt wird. Abb. 18 zeigt das Arbeiten im Kreislauf. Hierbei wird dieselbe schmutzige Luft immer wieder benutzt. Der Arbeiter muß durch Respiratoren und Anzug gegen Zug und Nebel geschützt werden.

Prüfung der Spritzgeräte

Hierzu werden Tafeln von gleicher Abmessung und in gleichen Zeiten bespritzt und vor und nach der Bespritzung gewogen. Die Gewichte entsprechen den aufgebrachten Farbmengen. Geringste Nebelentwicklung, kürzeste Zeit und gleichmäßiger Anstrich gehören der erfolgreichsten Pistole. Die Normung der Geräte und Armaturen ist hierzu Grundbedingung. Gegenwärtig hat nicht eine einzige Fabrik einheitliche Gewinde; untereinander unterscheiden sich alle Vorrichtungen.

Abb. 19 und 20 zeigen, wie man wissenschaftlich genauer vorgehen kann. Eine Fläche *a* wird mit dem Strahl *b* aus der Düse *c* bespritzt. Die Farbe wird bei *d* zugeführt und die in einer gewissen Zeit verspritzte Farbmenge *x* wird auf der Wage *e*, *f*, *g* gewogen. Die Luft

Abb. 16
Exhaustor-Anlage zum Beseitigen der Farbnebel

a Exhaustor zum Ansaugen der Dämpfe *b* Exhaustor zum Abdrücken der Dämpfe *1, 2, 3, 4, 5, 6* Meßstellen

Abb. 17
Zuführung von Frischluft, die durch Abwärme vorgewärmt ist

a Frischlufteintritt *b* Lüfter *c* Wärmeabscheider und Vorwärmer *d* Heizkörper zum Weitererwärmen der vorgewärmten Luft *e* Austritt der erwärmten Frischluft *f* Farbabscheider *g* Absaugtrichter

Abb. 18
Keine Frischluftzuführung. Durch Kreisbewegung der Luft wird verhindert, daß Nebel in den übrigen Raum eintreten.

a Arbeitsraum *b* Lüfter

Abb. 17 und 18
Entnebelungsanlagen

Abb. 19

Abb. 20

Abb. 19 und 20
Einrichtungen zum Prüfen der Spritzgeräte

a zu bespritzende Fläche
b Farbstrahl
c Spritzdüse
d Farbzuführung
e f g Wage
h Luftzuführung
i Luftmesser
k l Hebelübertragung
m Feder
n Skala zum Ablesen des wirklichen Druckes
e_1 Schlitten zum Lagern von *e*
f_1 Schnur zum Halten des Schlittens
g_1 Feder
g_2 Rolle
g_3 Skala zur Druckablesung

Abb. 21
Druckvolumen-Diagramm beim Arbeiten mit Farbdruckgefäß und Spritzpistole

Abb. 22
Theoretische Grundlage des Niederdruckverfahrens zur Beseitigung der Nebelbelästigung

Abb. 23
Schichtung der auftreffenden Farbteilchen

t bei h ein und wird durch den Luftmesser i gemessen. rden die Mengen in kg/s bestimmt, so ist die Summe Gewichte gleich dem durch Strahl b auf der Fläche a eugten Druck, sofern Verluste nicht eintreten; in Wirkkeit treten aber die bereits in Abb. 10 angedeuteten belverluste ein, so daß der Druck auf die Fläche a ts kleiner sein wird, als die oben bezeichnete Summe. r wirkliche Druck kann durch die Hebelübertragung l und die Feder m an der Skala n abgelesen werden. s Verhältnis dieser Ablesung zu der Summe der sekundlen Gewichtsmenge in kg/s von Luft und Farbe gibt n den Wirkungsgrad der Pistole. Ist dieses Verhältnis B. 0,89, so ist der Verlust 0,11 = 11 vH.

Den Verlust kann man wieder unterteilen, indem man mal die Fläche a mit Farbe gesondert anbläst und die sprechende Ablesung auf der Skala n macht. Bei em weiteren Verfahren werden die sekundlichen Gehtsmengen sofort gemessen, und zwar als Reaktionsick der Pistole. In Abb. 20 bezeichnet a wieder die gespritzte Fläche, b den Farbstrahl, c die Pistole mit rbanschluß d und Luftanschluß h. Diese Anschlüsse d möglichst lang und beweglich anzuordnen. Die tole selbst ist beweglich auf einem kleinen Schlitten e estigt. Eine Schnur f_1, die Feder g_1 mit Rolle g_2 halten Schlitten in Stellung. Sobald die Pistole spritzt, cht diese nach rückwärts aus und der entsprechende ick ist auf der Skala g_3 abzulesen. Die Ablesung spricht der austretenden Farb- und Luftmenge in kg/s. s folgt aus der bekannten Impulsgleichung $P\,t = M\,v$, i besagt: wenn die Kraft P in kg auf die Masse M lang eingewirkt hat, so hat sie dieser eine Geschwinkeit v verliehen. Setzt man $t = 1$, so ist $P = M\,v$, also ich der erzeugten Bewegungsgröße in der Sekunde ch dem entsprechenden sekundlichen Farbgewicht. Die die Fläche 1 ausgeübte Strahlkraft wird, wie in . 19, mittels Hebel und Feder an der Skala n gessen. Das Verhältnis der Ablesungen der Skalen n g_3 gibt wieder den Wirkungsgrad.

Das Niederdruck-Spritzverfahren zielt auf die volldige Beseitigung der Nebelbildung. Zum Verständnis ses Arbeitsverfahrens sind einige grundlegende Errungen nötig. So erstrebenswert die Verwendung von t von geringer Spannung ist, so darf doch nicht vernt werden, daß die Auftreffgeschwindigkeit der Farbhen aus noch später zu erklärenden Gründen von ßter Bedeutung für die Lebensfähigkeit eines jeden bspritzverfahrens ist. Theoretisch kann man sich ein l von dieser Auftreffgeschwindigkeit, die ich v_x nenne, folgenden Überlegungen machen:

Berechnung der Auftragarbeit

Beim Arbeiten mit Farbdruckgefäß und Spritzpistole d sowohl an der Farbe als auch an der Luft Arbeit istet. Die Arbeit der Farbe erklärt sich aus dem h den Farbdruck verdrängten Farbvolumen in 1 s. Abb. 21 bedeutet P den Spritzdruck, während V das tzluftvolumen darstellt. Bedeutet a den Druckluftk, so dehnt sich die Luft bei ihrer Arbeit auf den ck b des Spritzraumes aus. Die geleistete Arbeit ist rhalb der Kurve a bis b schraffiert. Nimmt man nun daß beim Auftreffen die Farbe und Luftteilchen diee Geschwindigkeit v_x, haben, so ergibt sich

$$v_x = \frac{2}{R}\left(\frac{Q}{L}\ln P - \frac{p\,q}{f}\right) \quad \ldots \ldots \ldots (1).$$

Hierin bedeuten: R die Reaktionskraft der Pistole, Q die sekundliche Spritzluftmenge, q die sekundliche Farbmenge, P den Luftdruck, p den Farbdruck, L das spezifische Gewicht der Druckluft, f das spezifische Gewicht der Farbe. Es ist hierbei angenommen, daß der Außendruck (im Spritzraum) 1 at abs beträgt. Für v_x lassen sich noch andre Ausdrücke finden: Geht man von der Luftenergie in 1 s an der Luftdüse von Querschnitt F aus, so kommt nur $a\,F$ der Fläche zur Geltung wegen der Einschnürung. Bei der Farbe käme dementsprechend für die Farbenergie in 1 s nur $b\,\mathfrak{F}$ zur Geltung. Die entsprechenden Energieausdrücke sind

$$\text{Luftenergie} \quad \frac{a\,F\,v_1^3\,L}{2\,g} \qquad \text{Farbenergie} \quad \frac{b\,\mathfrak{F}\,v_2^3\,f}{2\,g}.$$

Hierin bedeuten v_1, v_2 Düsenaustritt-Geschwindigkeiten von Luft und Farbe. Nimmt man an, daß auf der Spritzfläche diese Geschwindigkeiten gleich v_x zu setzen sind, so erhält man die Gleichung:

$$\frac{v_x^3}{2\,g} = \frac{\frac{Q}{L}\ln P + \frac{p\,q}{f}}{a\,F\,L + b\,\mathfrak{F}\,f} \quad \ldots \ldots \ldots (2).$$

Hierbei ist die Luftarbeit in 1 s $\frac{Q}{L}\ln P$ und die Farbarbeit in 1 s $\frac{p\,q}{f}$, wie in der ersten Gleichung zugrunde gelegt. Geht man von der Überlegung aus, daß die Austrittsgeschwindigkeit v_1 oder v_2 zu setzen ist

$$v_1 = \sqrt{2\,g\,\frac{P}{L}}$$

und

$$v_2 = \sqrt{2\,g\,\frac{p}{f}},$$

so ergibt sich die Gleichung:

$$v_x = \frac{4}{R}\,g^{1/2}\left(a\,F\,P\sqrt{\frac{P}{L}} + b\,\mathfrak{F}\,p\sqrt{\frac{p}{f}}\right) \quad \ldots \ldots (3).$$

Welche Annahmen bei diesen Gleichungen der Wirklichkeit am nächsten kommen, kann nur eine praktische Untersuchung der Pistole zeigen. Es ist zu hoffen, daß der Ausschuß für Anstrichtechnik beim V. d. I. oder der Wissenschaftliche Beirat bald die Mittel zu solchen Untersuchungen bewilligt.

Eine ungefähre Vorstellung von der theoretischen Grundlage des Niederdruckverfahrens zur Beseitigung der Nebelbelästigung kann man sich aus Abb. 22 machen. Die Kurve A—B stellt den Ort gleicher Energiezustände der Spritzluft dar, d. h. die schraffierte rechteckige Fläche AO ist z. B. gleich der Fläche BO. Es ist verständlich, daß, je höher der Druck ist oder je höher der Punkt A liegt, um so größer die Nebelbelästigung. Das verbrauchte Luftvolumen ist hierbei geringer. Je tiefer der Punkt B dagegen liegt, desto geringer ist die Nebelbelästigung; dafür muß aber ein größeres Luftvolumen bewältigt werden. Die Verminderung des Luftdruckes bringt also zwangläufig eine Vergrößerung der nötigen Luftmenge mit sich. Der normale Kompressor erzeugt wohl hohen Druck, hat aber nur ein geringes Hubvolumen. Man ist daher gezwungen, zur Bewältigung größerer Luftmengen bei geringem Druck das Kapselgebläse anzuwenden. Nachteile des Verfahrens sind: daß, je weiter man sich nach rechts von der Nebelgrenze bewegt, desto schlechter auch die

Abb. 24
Verteilung von Farbe und Farbnebel im Spritzstrahl

Abb. 25
Wirkungsweise des Umlaufpinsels
a Spritzfläche *c* Spritzdüse *e* Aluminiumhülle
b Farbstrahl *d* Farbnebel *f* Ringpinsel

Farbauftragung ist. Hiervon kann man sich nach Abb. 23 eine Vorstellung machen. Die mit der Geschwindigkeit v oder v_x auftreffenden Farbteilchen schichten sich bei niedrigem Druck wie angedeutet, und zwar sind diese von einer mikroskopisch dünnen Oxydschicht umhüllt, während der Kern noch flüssig ist. Ist die Energie des Aufschlagens nicht groß genug, um die nötige Brecharbeit zu leisten, so entsteht zweifellos ein schlechter Farbanstrich. Untersuchungen der Verteilung von Farbe und Farbnebel im Spritzstrahl haben eine Verteilung entsprechend Abb. 24 gezeigt. Dabei ist der mittlere Farbkern am dicksten in einer Entfernung von rd. 300 mm von der Spritzdüse. Der Durchmesser beträgt rd. 110 mm an der dicksten Stelle. Der punktierte Teil des Strahles stellt den Farbnebel dar.

Ich bin nun durch besondere Überlegungen dazu gekommen, unter Berücksichtigung der Verhältnisse von Abb. 24 den in Abb. 25 gekennzeichneten Umlaufpinsel zu bauen; *a* bedeutet die Spritzfläche, *b* den Farbstrahl, *c* die Spritzdüse, *d* die Farbnebel. Der Spritzkegel ist von Aluminiumhülle *c* umgeben, die an ihrem der Streich zugekehrten Ende den Ringpinsel *f* trägt. *e* und *f* w durch einen kleinen Elektromotor oder eine Welle la um die Düse *c* als Achse in Umdrehung versetzt. diese Weise wird durch Hin- und Herbewegen der g Anordnung die Farbe auf der Anstrichfläche verar Diese neue Niederdruck-Spritzmaschine mit Benzin antrieb und Becherpistole ist fahrbar angeordnet und an jeder beliebigen Stelle benutzt werden. Eine andr führung der Maschine wird mit Farbbehälter, der an Dreibeinständer hängt, und elektrischem Antrieb rüstet. Die Pistole mit Farbzuführung ist auf einer busstange befestigt und nach jeder Richtung hin bew Bei einer andern Ausführung hat der Farbdruckbe Nebenschluß der Luftzufuhr, d. h. die Farbe wird allein durch ihr Gewicht, sondern auch durch den druck aus dem Gefäß herausgetrieben. [B 3

Kritische Betrachtungen über die Wertung von Verbrennungsmaschinen [1]

Am 4. August d. J. wird das deutsche Viertaktpatent von Otto fünfzig Jahre alt. Nicht nur den Viertakt, sondern auch die Vorverdichtung vor der Verbrennung hat dieses DRP Nr. 532 in die Technik der Verbrennungsmaschinen eingeführt. Dem schon vor 50 Jahren berechtigten Wunsch, den Explosionsstoß durch eine künstliche Verlangsamung der Verbrennung zu vermeiden oder doch zu mildern, wird heute durch die Gleichdruckverbrennung bei Dieselmaschinen entsprochen. Bei der Gleichartigkeit der Wärmezufuhr und der Wärmekraftwirkung in allen Verbrennungsmaschinen hat der Gleichdruckprozeß keine Berechtigung als Vergleichprozeß für Diesel- oder Halbdieselmaschinen. Die Angst vor Hochdruckverbrennung ist im heutigen technischen Zeitalter des Höchstdruckes nicht mehr am Platze.

Infolge der verschiedenen Vergleichprozesse für Gasmaschinen und Dieselmaschinen (Verpuffungsprozeß und Gleichdruckprozeß) ist eine Spaltung in die Verbrennungsmaschinen hineingetragen worden, die ein sachlich gründetes und unfruchtbares Auseinanderstreben diese schinengruppen begünstigt. Die Wärmekraftwirkung Verbrennungsmaschinen sollte nur mit dem Otto- zeß, als dem innerhalb des gegebenen Zylinderraumes kommensten, verglichen werden. Diese Wertung kann Aufstellung von Rechentafeln praktisch erleichtert w

Eine noch zu wenig beachtete Kennzahl bei Ve nungsmaschinen ist die Temperatur der Ab Sie läßt den Grad der Anstrengung der Maschine un regelmäßigkeiten im Energieumsatz deutlich erkenne ist von maßgebender Bedeutung für die Betriebsich und Lebensdauer der Maschine. Es kommt nicht so auf den Wärmeinhalt als auf die Temperatur der A an, die unter allen Umständen niedrig sein muß. G Wärmeinhalt bei niedriger Temperatur der Abgase ist als Nachteil zu werten. Ausgiebige innere Belüftun Maschine durch großen Luftüberschuß oder durch z liche Spülluft, nicht nur bei Zweitakt-, sondern au Viertaktmaschinen ist vorteilhaft.

Die im technischen Schrifttum veröffentlichten Wä bilanzen zeigen fast ausnahmslos den Fehler eine schen Buchung der Reibungsarbeit und der Arbe Nebenmaschinen; infolgedessen erscheint der Verlust Abwärme zu klein. [N 4

[1] Vortrag von Prof. P. Langer, Aachen, in der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 1927; vergl. S. 764, 765 u. 775 dieses Heftes.

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

BD. 71 SONNABEND, 4. JUNI 1927 NR. 23

Technische Pionierleistungen als Träger industriellen Fortschritts

Von E. Heidebroek, Darmstadt

Vorgetragen in der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg 29. Mai 1927

Die in bewußter Zweckmäßigkeit schaffende Technik ist zur Grundlage der Wirtschaft und des Lebens der vermehrten Menschenmassen geworden. Die technischen Pioniere der Vergangenheit lenkten auch als Unternehmer den Weg ihrer Schöpfungen, selbst noch im Zusammenhange großer Fabrikunternehmungen. Die gegenwärtige Entwicklung zu unübersichtlicher Breite der Riesenkonzerne mit dem Übergewicht der Geldwirtschaft versperrt dem Ingenieur den Einfluß auf das Unternehmen; der wirtschaftliche Wert der technischen Schöpfungen kommt in Kostenrechnungen nicht zum Ausdruck. Unterricht und Forschung sowie die Einbeziehung des Ingenieurs in die industrielle Arbeit sind auf Förderung schöpferischer Fähigkeiten einzustellen.

Aus dem krisenhaften Zustand der Krieg- und Nachkriegzeit scheinen sich, wenn auch zunächst in unsicheren Umrissen, die neuen Formen unsres wirtschaftlichen Lebens herauszuheben; die Kräfte spannen sich, der menschlichen Gütererzeugung einen neuen Auftrieb zu verleihen. Die industrielle Technik, neben der Landwirtschaft ihr stärkster Exponent, entwickelt sich immer mehr zu dem ausschlaggebenden Produktionsfaktor aller Länder in den zivilisierten Weltteilen. Um die beiden großen Grundfragen: Absatz und Methode der Gütererzeugung, dreht sich heute die Gedankenwelt aller Wirtschaftsführer; denn aus dem Ertrag der Wirtschaft sollen alle die Wunden wieder geheilt werden, die der Krieg den europäischen Ländern geschlagen hat.

Ein Teil der Hoffnungen richtet sich auf wirtschaftliches Neuland, das vielleicht in den dem Güterverbrauch wenig erschlossenen Erdteilen zu finden ist. Also zusätzliche Absatzgebiete kolonialer Art. In den bereits der Zivilisation voll erschlossenen Ländern harrt der Technik eine andre Aufgabe: wirtschaftliches Neuland aus sich heraus zu schaffen, dadurch daß sie immer neue Gebiete der Naturerkenntnis erschließt zur wirtschaftlichen Durcharbeitung, zur Erzeugung neuer Formen und Arten von solchen Gütern, die dem menschlichen Verbrauch zugänglich sind. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Menschheit ohne Rundfunk und ohne Kraftwagen auch leben kann, aber daß sie nicht mehr ohne sie wird leben wollen, ist ebenso sicher. Also müssen solche Dinge erzeugt werden, und immer stärker stellt sich die Menschheit aller Erdteile um aus einer rein natürlichen, ursprünglich einfachen Lebensform zu einer solchen, die in stärkstem Maße technisch bedingt ist.

Das Wesen technischer Schöpfung.

Alles, was uns technischer Erfindungsgeist erschließen kann, sind an sich ja zunächst naturgegebene Dinge, Erfüllungen von Gesetzmäßigkeiten aus einer andern Sphäre. Diese zu erforschen, in den Bereich der menschlichen Sinneserfassung einzubeziehen, ist die ureigenste Aufgabe der „reinen" voraussetzungslosen Wissenschaft, die immer um ihrer selbst willen betrieben werden muß. Aber zum Wesen der Technik gehört noch ein Andres. Stahl und Wasser und Baugestein waren immer in der Natur vorhanden; aber die in der „Turbine" zusammengefaßte Vereinigung dieser Dinge ist mehr als eine reine Kombination von Stoffen: Die Idee der „Wasserkraft" tritt in das Bewußtsein der Menschheit und entschwindet nicht mehr daraus, weil es eine „zweckhafte" Idee ist. Ein neues Ding entsteht, das sofort sich zwangläufig in das Gesamtgetriebe der menschlichen Wirtschaft einschaltet und in ihm mitarbeitet. Die Lokomotive ist nicht nur eine Zusammenfügung von Stahlteilen, also von naturgegebenen Stoffen, sondern ein Neues aus sich, bestimmt, einen Zweck zu erfüllen, einem „Telos" zuzustreben.

Alle Dinge aber, die teleologisch bestimmt sind, müssen sich weiterentwickeln zu diesem Zweck, dem Zweckgedanken dienen. Mit ihnen und in ihnen entsteht ein neues Stück selbständigen Lebens; einmal geboren, leben sie ihr eigenes Leben weiter, wirken aus sich selbst. Denn in allen diesen Schöpfungen arbeitet ein geheimnisvoller innerer Zwang zur Weiterbildung, zum Fortschritt auf eine — uns immer unerreichbare — optimale Lösung.

Jene geheimnisvollen Kräfte, die in den Gebilden der Natur die vollkommenste Zweckmäßigkeit, die vollendetsten Formen geschaffen haben, strahlen auch aus in die Schöpferkraft des menschlichen Ingeniums, die sich uns in der technischen Idee offenbart. So ist auch die technische Schöpferkraft des Menschen einer der ursprünglichsten, naturgegebenen Triebe, die wirken, weil sie wirken müssen. Jeder neue Schritt der technischen Entwicklung bedeutet nur einen weiteren Schritt entgegen der in der Natur immanent enthaltenen vollendeten Lösung; jede neue Form zerstört die alte, aus der sie hervorgewachsen ist; der Zwang zur Wandlung ist unaufhaltsam, ist das eigentliche Prinzip der Technik.

Das begriffliche Erkennen neuer Gesetzmäßigkeiten der organischen Natur allein ist noch kein technischer Fortschritt, ist nur die Voraussetzung dafür; oft wirkt diese Erkenntnis nur im Unterbewußtsein. Zur technischen Tat, zur Ingenieurarbeit im höheren Sinne wird sie erst durch das Zusammentreffen mit der zweckhaften und zweckgebundenen Idee.

Wie sich diese geheimnisvolle Synthese zwischen Natur und Geist in der schöpferischen Persönlichkeit vollzieht, das zu untersuchen ist eine Aufgabe der philosophischen Forschung, die mehr und mehr anfängt, auch die technische Geistesarbeit in ihre Untersuchungen einzubeziehen[1])[2]). Hier ist nicht der Raum, diesen Gedankengängen weiter nachzugehen. Aber wenn wir die eigentliche Bedeutung technischer Schöpferkraft erkennen, ihr den richtigen Platz im geistigen Leben unsrer Zeit zuweisen wollen, müssen wir doch versuchen, auch hier zu den tiefsten Quellen herabzusteigen, aus denen die letzten Erkenntnisse zu schöpfen sind. Der Betriebsfachmann in der nüchternen Werktagsarbeit wird vielleicht darüber lächeln, daß es Menschen gibt, die glauben, hinter dem banalen Schlagwort „Technik" noch letzte Dinge suchen zu müssen. Aber vielleicht ist das gerade die große geistige Gefahr unsrer Zeit, daß man über dem rein Stofflichen der technischen Werke die

[1]) Dessauer, Philosophie der Technik, Bonn 1927.
[2]) Zschimmer, Philosophie der Technik, Jena 1914.

geistigen Kräfte übersieht, aus denen sie letzten Endes ihre ungeheure Lebenskraft schöpft.

Betrachten wir die *Wirtschaft* als einen Ausschnitt der Kulturgesamtheit in ihrem Zusammenhang mit der Technik, so stellen wir dieses fest: jede technische Schöpfung stellt in dem Augenblick, wo sie aus der Synthese von Geist und Stoff zu eigenem Leben erwacht ist, auch ein neues Element *wirtschaftlichen* Lebens dar. Die Wirtschaft stellt sich darauf ein, indem sie diese neuen Elemente zum Gegenstand neuer wirtschaftlicher Prozesse macht, sie zu Gebrauchsgütern umformt, sie ausbeutet und mit ihnen „wirtschaftet“, genau so wie mit den Gütern primitiver Art, die uns die Natur aus ihren Schätzen unmittelbar spendet. Und die Wirtschaft hat erkannt, daß, je weniger die *natürlichen* Vorkommen ausreichen für die Bedarfsbefriedigung der vermehrten Menschenmassen, desto wertvoller die Ausbeute technisch verfeinerter Güter ist.

Rückblick

Dieser *Umformungsprozeß* von der technischen Pionierleistung zu wirtschaftsnotwendigem Massengut scheint mir das am meisten kennzeichnende Merkmal der gegenwärtigen industriellen Periode zu sein. Hinter uns liegt ein Zeitalter gewaltiger technischer *Pionierleistungen*, die aus dem jungfräulichen Boden technischer Erkenntnis entsprossen sind. Hierauf einen Augenblick der Betrachtung zu verwenden, ist notwendig in einem Zeitpunkt der *Wandlung*, wo wir neue Formen der industriellen und wirtschaftlichen Gebarung heraufziehen sehen. Beschränken wir den Kreis unsrer Betrachtungen, der heutigen Tagung entsprechend, nur auf einige uns besonders naheliegende Gebiete, so erblicken wir hinter uns z. B. die Lebensarbeit von Alfred *Krupp*[3]), Werner *Siemens*[4]). Beider Leben umfaßt einen gewaltigen Umfang technischen Fortschritts auf zwei Arbeitsgebieten von grundlegender Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Oder im engeren Bereich der Maschinentechnik: die technische Pionierleistung von Rudolf *Diesel*[5]) brachte uns den Motor, ohne den wir uns den heutigen Maschinenbau gar nicht denken können; Carl *Linde*[6]) entwickelte die Kälteindustrie und die Technik der flüssigen Gase in Deutschland zu führender Höhe; Wilhelm *Schmidt*, Kassel[7]), legte die Grundlagen zu unserer heutigen Kenntnis des Hochdruckdampfes. Der Wald von Kaminen in den Riesenanlagen der Badischen Anilin- und Sodafabrik zeugt von dem Schöpfergeist der Männer, die aus der Synthese zwischen chemischer Wissenschaft und technischem Gestaltungsvermögen ungeheure wirtschaftliche Werte geschaffen haben.

Welche Auswirkungen die Pionierarbeiten des Mannes noch zeitigen werden, dem der Verein jetzt seine höchste Auszeichnung, die Grashof-Denkmünze, für seine Verdienste um die Flugtechnik und den Motorenbau verliehen hat, Professor *Junkers*, ist noch nicht abzusehen; mit Genugtuung begrüßen wir diese Ehrung; denn wir erblicken gerade in seiner Art ein wundervolles Vorbild auf sich selbst gestellter Ingenieurarbeit.

Oder denken Sie an die Entwicklung der drahtlosen Fernübertragung, an die Arbeiten des greisen *Edison*, an *Parsons* und *Laval*; wohin wir blicken, welch eine Fülle des Reichtums an schöpferischer Gestaltung! Was bedeutete heute unser industrielles Leben, wenn wir uns diese Dinge einmal herausgenommen denken würden? Ein unvorstellbarer Gedanke!

„Wenn die Könige bauen, haben die Kärrner zu tun.“

Der ganze Wirtschaftsbetrieb der Gegenwart ist nicht richtig in seinem Zusammenhang zu begreifen, wenn man nicht das Wirken dieser Männer, ebenso wie der vielen andern, die hier ungenannt bleiben müssen, in den Vordergrund rückt und den gewaltigen Einfluß vor Augen führt, den ihre Schöpfungen auf die heutige Wirtschaftslage ausüben.

[3]) *Berdrow*, Alfred Krupp, Berlin 1926.
[4]) Werner v. *Siemens*, Lebenserinnerungen, Berlin 1893.
[5]) Rudolf *Diesel*, Die Entstehung des Dieselmotors, Berlin 1913.
[6]) Carl *Linde*, Aus meinem Leben und von meiner Arbeit, München 1916 (als Manuskript gedruckt).
[7]) „Wilhelm Schmidt“, ein Nachruf, Z. Bd. 68 (1924) S. 249.

Es gibt nichts Wertvolleres für den Ingenieur, als sich in den Lebensgang der großen Pioniere zu versenken, ihren Werdegang, insbesondere vom psychologischen Standpunkt aus zu studieren; zu verfolgen, wie unendlich verschiedenartig sich in ihnen der schöpferische Trieb auswirkt.

Wir würden den Kreis unserer Betrachtungen zu eng ziehen, wollte man unter die technischen Pionierleistungen nur die solcher Persönlichkeiten einrechnen, die durch Reichtum und Ursprünglichkeit ihrer Ideen und Kombinationen den technischen Fortschritt vorangebracht haben. Oft ist viel wertvoller als die Idee selber die *gestaltende Arbeit* des ausführenden Ingenieurs, der die zügellos schweifenden Gedanken in das zwangläufige System wirtschaftlich möglicher Formen zu zwingen hat; viele Ideen gewinnen erst ihren eigentlichen Wert, ihre wirtschaftliche Daseinsberechtigung eben durch diese zweckhafte Gestaltungsarbeit. Man kann die höchste Bewunderung vor der geistigen Arbeit zum Ausdruck bringen, die auf dem Gebiete der angewandten Chemie uns den synthetischen Stickstoff, die neuen Hochdruckverfahren gebracht hat, und wird doch nicht umhin können, zuzugestehen, daß die Überführung des Laboratoriumsvorganges in den Großbetrieb erst der konstruktiven und organisatorischen Arbeit derjenigen Ingenieure zu danken ist, die für diese neuen chemischen Verfahren die ebenso neuartigen konstruktiven und maschinellen Formen und Apparaturen geschaffen haben. Auch hierbei müssen immer wieder — auch im kleinsten — schöpferische technische Kräfte am Werke sein.

Dabei ist es entwicklungsgeschichtlich bedeutungsvoll, daß neben der Pionierleistung einzelner Männer jene zahlreichen und bekannten Ingenieurfirmen von hoher Leistungsfähigkeit, vorwiegend Maschinenbauanstalten, sich entwickelt haben, denen die Aufgabe der praktischen Durchbildung und Weiterentwicklung der Neuerungen zufiel. Firmen, von Ingenieuren geführt, in denen Ingenieurarbeit, gepaart mit wirtschaftlichem Weitblick, dem deutschen Maschinenbau und allen Zweigen der verwandten Industrien zu hoher Blüte verholfen hat. Wie manche glänzende technische Idee wäre restlos untergegangen, wenn nicht die führenden Männer dieser Werke den Mut und die Ausdauer besessen hätten, durch alle Fehlschläge hindurch an den Fortschritt des Neuen und seinen endlichen Sieg zu glauben und oft ohne greifbare Aussicht auf wirtschaftlichen Erfolg die kostspieligen Versuche durchzuhalten! Auch das war technische Pionierleistung, denn auch hier hat technische Intelligenz der wirtschaftlichen Entwicklung die Wege gewiesen. Nur durch diese Leistung war es möglich, zu den Höhepunkten der industriellen Erzeugung, was Abmessungen, Umfang und Kapazität der großartigen Betriebe in der heutigen Stoff- und Kraftwirtschaft betrifft, vorzudringen.

So stellt sich der rückwärts schauenden Betrachtung heute ein glanzvolles Bild technischer Neuschöpfungen vor Augen. In dieser Periode ist die Geschichte der großen Unternehmen so gut wie der großen Zahl selbständiger kleinerer Betriebe zugleich die Geschichte der *Unternehmer, der Pioniere* selbst. Heute stehen wir vor der ernsten Frage: Kann unsere jüngste Gegenwart den Vergleich mit jener großen Entwicklungszeit aushalten? Oder befinden wir uns heute auch hier in dem Zeitalter der *Epigonen*? Hat nicht eine Periode der allzu starken wirtschaftlichen Auswertung das Zeitalter der schöpferischen Gestaltung abgelöst? Oder, anders ausgedrückt: sind heute die Voraussetzungen vielleicht nicht mehr vorhanden, aus denen in einer hinter uns liegenden Zeit so viele und starke schöpferische Elemente hervorgingen?

Die gegenwärtige Entwicklung

Zweifellos hat sich das Bild des industriellen Geschehens unter der äußerlich glanzvollen Decke innerlich stark gewandelt. Wenn neue technische Elemente dadurch, daß sie in wirtschaftliche Formen umgewandelt sind, erst zu *wirtschaftlichen* Eigenwesen geworden sind, unterliegen sie den Strömungsgesetzen wirtschaftlicher Zusammenhänge. Hat die Wirtschaft in den Erzeugnissen der technischen Idee ein neues Arbeitsfeld

efunden, so wünscht sie Stetigkeit, Weiterbearbeitung icht mehr nach der technisch gestaltenden Seite hin, ondern „Fabrikation", Ausbreitung, Mengenvergröße-ung, kurzum: verkaufsfertige Masse. Denn im wirtschaftlichen Kampf ist, wie beim militärischen, der Sieg mmer bei den größten Bataillonen. Ihren Höhepunkt ereichte diese Entwicklung im „Amerikanismus". er „Amerikanismus", das Hohelied der Fertigung, beauscht heute durch seine Riesenerfolge in Zahl und ewinn die ohnehin dem Materiellen sich zuwendende roße Masse. Seitdem der Zugang zum amerikanischen ontinent wieder erschlossen ist, geht es wie eine Welle er Amerikabegeisterung über uns hin; erst allmählich lären sich die aufpeitschenden Eindrücke, und die nüchrne Überlegung verdrängt die stark gefühlsmäßigen etrachtungen. Wir können vor allen Dingen nicht überehen, daß der Amerikanismus nur möglich war als Areitsmethode einer Wirtschaft, die, auf Neuland schafend, immer noch überwiegend extensiv, weniger inensiv sich entwickeln kann, die, gestützt auf riesige Naturchätze, bisher nur die aufsteigende Konjunktur eines och weiter aufzuschließenden Landes ausnutzen konnte, hne sich mit Grenznutzentheorien und ähnlichen Sorgen orläufig den Kopf beschweren zu müssen.

Eine gigantische Entwicklung zweifellos! Aber kann as auch unsere Entwicklung sein? Und hat sie nicht ielleicht auch drüben schon den Höhepunkt überchritten? Die Stimme eines Amerikaners sagt über die gene Wirtschaft: „Es sind völlig unamerikanische Zuände über Amerika gekommen. Der alte Individualisus ist fast tot, Pionierideale sind dahin[8])."

Würde man nach den äußeren Formen allein urilen, so möchte es fast scheinen, als ob sich auch bei uns, enn auch in andern Maßstäben, ähnliche Wirtschaftsrmen herausbilden wollen. Das auffallendste Merkal unserer industriellen Entwicklung in den letzten ahren ist die ungehemmte, immer stärker sich auswirende Konzentrationsbewegung, die Aufsaugung vieler leiner und mittlerer Betriebe in größere Einheiten, ögen sie sich Konzerne, Interessengemeinschaften, rusts oder sonstwie nennen.

Es trifft zwar zu, daß manche dieser neuartigen Gelde aus reinen Machtinstinkten heraus entstanden sind, usammengerafft in dem Chaos der Wirtschaftsunsichereit von Kriegs- und Inflationszeit. Aber in den großen inien haben wir es doch auch hier zweifellos mit einer atürlichen Entwicklung zu tun. Auch Wirtschaftsgesetze nd Naturgesetze, auch hier löst die höhere Form — in ichtung auf das Optimum — zwangläufig die niedrige ab.

Die Zusammenschlußbewegung ist letzten Endes eine uswirkung des Prinzips von der möglichst breien Auswertung gegebener wirtschaftlicher Mögchkeiten, die Zusammenziehung das oft einzige Mittel ır planmäßigen Rationalisierung, d. h. zur Anpassung es Produktionsapparates an die Absatzmöglichkeiten, ıd zur Durchführung in sich geschlossener Produktionsihen. War die aufs äußerste getriebene Spezialisierung nd Arbeitsteilung das Kennzeichen der letzten eriode in der Fertigung, so folgt daraus, wie schon amprecht zeigt[9]), naturnotwendig eine neue Arbeitsereinigung, aber diesmal auf einer höheren Stufe. ktion und Reaktion sind Naturgesetze auch im Wirthaftsleben.

Darum mögen wir noch so sehr den Verfall so zahlicher selbständiger Betriebe und Persönlichkeiten beuern; es ist müßig, darüber zu streiten, ob diese großen ganisationsformen der Wirtschaft erwünscht sind oder ht: sie sind da und werden aus unserem Wirtschaftsben nicht mehr verschwinden. Ein andres ist die Frage, wir ihre Entwicklungsgesetze, ihr eigentliches inneres ben bereits soweit erforscht und ihre Gebundenheit kannt haben, daß wir dieser Entwicklung ohne die rge zusehen können, ob nicht ihr Schicksal noch von vielen Zufälligkeiten beeinflußt sei, die Verantwortung f ihre Entwicklung gegenüber der gesamten Volksrtschaft sich als zu schwer tragbar erweise?

Schon die kurze Periode, die wir übersehen können, lehrt uns, daß alle die Wirtschaftsgebilde den Todeskeim in sich tragen, die nicht aus einer natürlichen Entwicklung, sondern aus zufälligen Konstellationen erwachsen sind. Keine „Organisation" kann auf die Dauer in Widerspruch bleiben zu einem natürlichen „Organismus", der in ihr aufwachen muß. „Organisieren" kann nie mehr bedeuten als ein Heranbilden, ein allmähliches Heranführen an das natürlich-organische Ideal. Soweit diese Gebilde entstanden sind, um dem heutigen vergrößerten Maßstab der Produktion gerecht zu werden, wird man ihnen eine innere Daseinsberechtigung nicht absprechen können. Die Entwicklung zwingt uns dazu, gewisse Erzeugnisse in immer größeren Mengen herzustellen, damit überhaupt erst die kritische Grenze der Verbrauchsfähigkeit erreicht wird. Manche Prozesse sind nur in größtem Maßstabe denkbar — wie die Kohlenverflüssigung —, das Wagnis solcher neuen technischen Vorgänge ist so groß, daß es nur von sehr kräftigen Schultern getragen werden kann. Schon das „Experimentieren in natürlichem Maßstab", wie es Walter Rathenau einmal nennt[10]), erfordert bei manchen Neuschöpfungen soviel Kapital, wie ein ganzes Unternehmen früheren Stiles überhaupt zur Verfügung hatte. So reicht auch zur Bewältigung der Arbeitslast des vergrößerten Betriebes die schöpferische Tätigkeit des einzelnen Individuums nicht mehr aus; an ihre Stelle tritt notgedrungen die kollektive Arbeitsform in den Bureaus so gut wie in der Werkstatt, im einzelnen Betriebe so gut wie in den Verbänden und Körperschaften. Die hierin gekennzeichnete Entwicklung findet nicht zum wenigsten ihren Ausdruck in den zahlreichen Ausschüssen, Zweckverbänden, Tagungen, die unsere Arbeitskraft absorbieren und als eine typische Zeiterscheinung angesprochen werden müssen.

Zwischen Anordnung und Ausführung schiebt sich, mit wachsender Größe schnell zunehmend, die Übermittlungsarbeit, das Übersetzungsgetriebe, wie dieses mit Leerlauf und innerer Reibung behaftet. Solange noch die Einzelkomponenten selbständig wirksam bleiben, die ursprünglichen Schöpfer und Führer der Teilbetriebe noch mitarbeiten, wird sich an dem ganzen Arbeitsprozeß zunächst wenig ändern. Die angesammelte Erfahrung aus der Entwicklungsperiode und der in den Köpfen der früheren Leiter aufgespeicherte Energievorrat werden noch für eine ganze Zeit das Getriebe in Schwung erhalten. Aber niemals läßt sich auf die Dauer der Wert einer solchen persönlichen, aus Gedächtnis und Willenskraft gepaarten Einwirkung durch irgendeine noch so fein ausgeklügelte Methodik oder Organisation ersetzen. Die Frage nach dem tatsächlichen Wirkungsgrad unsrer neuzeitlichen Industriegebilde im Vergleich mit den früheren Arbeitsformen ist daher noch ebensowenig beantwortet wie auf der andern Seite die Ausschaltung des Wettbewerbes in vielen Fällen den Vergleich der wirklichen Erfolge unmöglich macht.

Die Erfahrungen des einzelnen und seine Anregungen, sonst bis in die letzten Instanzen wirksam, gelangen vielfach nur noch in Bruchteilen an diejenige Stelle, die aus sich heraus die letzten Entscheidungen treffen muß. An die Stelle des eigenen Urteils, des eigenen Erlebens, tritt der „Bericht", an die Stelle der unmittelbaren Initiative der „Konferenzbeschluß". Die Arbeitsteilung ergreift immer mehr auch die geistige Arbeit und zerreißt die feinen Zusammenhänge, die sich sonst in einem einzigen Gehirn durch alle Entwicklungsstufen hindurch gebildet haben. Das schöpferische Gesamtbild entschwindet, der technische Gesichtskreis wird eingeengt, kurz die Mechanisierung der geistigen Arbeit breitet sich aus. Was in der Werkstattarbeit bis zu einem gewissen Grade notwendig, auch erträglich ist: die Gleichrichtung der Elemente, die mechanisierte Fertigung, das soll nun auch für geistige Prozesse, für Ingenieurarbeit organisiert werden. Aber hier sehen wir die Grenzen des Möglichen schon deutlich heraufsteigen: in der Buchhaltung noch vermag eine Rechenmaschine, ein Hollerith-Apparat viele Menschen zu ersetzen: die Ingenieurarbeit selbst,

[8]) A. Rühl, Vom Wirtschaftsgeist in Amerika, Leipzig 1927.

[9]) Lamprecht, Deutsche Geschichte der jüngsten Vergangenht; 1. Bd. Berlin 1912.

[10]) Walter Rathenau, Vom Aktienwesen, Berlin 1917.

im eigentlichen Sinne, die ja auch diese Maschinen erst selbst hervorgebracht hat, ist solcher Ordnung niemals zugänglich; sie bleibt an die Lebensenergie der einzelnen Person gebunden.

So entsteht mit zunehmendem Umfang der Konzentration das schwere Problem, wie in diesen neu entstandenen Formen der kollektiven Wirtschaft die schöpferisch lebendige Persönlichkeit des Ingenieurs so eingegliedert werden kann, daß diese Urkraft alles Neuen im technischen Leben sich auch jetzt noch voll auswirken kann.

Normalisierung, Typisierung, Standardarbeit sind nur Teillösungen dieses Problems. So nützlich es ist, unnötige Doppelarbeit und mechanischen Ballast der Kleinarbeit zu beseitigen, so zeichnen sich auch hier die Grenzen ab: die Gefahr der Erstarrung in der Breite, in der Masse. Technik, die sich selbst versteinert, verstößt gegen ihr ureigenstes Gesetz und stirbt ab. Denn hinter jeder Augenblicklösung steht schon die neue, vollkommenere, welche die alte zerstören muß.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die heute fast ausschließlich übliche Gesellschaftsform der Industrie, das Aktienwesen, die hier geschilderte Entwicklung stark begünstigt hat.

Das Aktienwesen bedeutet in seinen zweifellos vorhandenen Auswüchsen die Loslösung der Unternehmerperson vom Unternehmerkapital, d. h. vom Unternehmen selbst, vielfach die völlige Entpersönlichung des Unternehmens. Es zerstört die wertvollen Eigenschaften der Unternehmerpersönlichkeit, seine unentbehrliche Verbundenheit mit seinem Werke zugunsten formaler Organisationsgebilde. Wenn zufällige kleine Zahlenunterschiede im Aktienbesitz, womöglich im schwankenden Besitz, für die letzten Entscheidungen über Lebensfragen im industriellen Unternehmen ausschlaggebend sein können, dann tritt freilich der Zufall an die Stelle organischer Entwicklung, dann stößt die sich entfalten wollende, von unten herauf sich entwickelnde Unternehmungsfreude, der Schaffensdrang nach oben ins Leere; er gelangt nicht bis zur vollen Auswirkung der Leistung, niemals zur Vollendung; er verpufft auf halbem Wege; die Schöpferkraft erlahmt.

So nimmt es nicht wunder, daß bei der Ausbreitung dieses Typus der industriellen Gesellschaftsform der so natürliche Begriff der „Rationalisierung“ zum Schlagwort zu werden droht, zu einem Handwerk, das man gewerbsmäßig betreiben kann; daß man immer lauter und eindringlicher der Klage begegnet, für technische Neulandarbeit, gar für technische Forschung auf lange Sicht sei heute kein Geld mehr da. Nicht vernunftmäßiges Abwägen von Neuschöpfung und Fertigung werden hier bedacht, sondern eine irregeleitete Einstellung rein geldwirtschaftlicher Art droht zu einem fürchterlichen Rationalismus auf technischem Gebiete zu führen, der nichts mehr zu schaffen hat mit technischem Fortschrittsgeist. Kein Wunder daher, daß einsichtige Männer an führender Stelle in der Wirtschaft diese Gefahr erkennen, und daß man der zersetzenden Ausartung des Aktienwesens schon in vielen Fällen die Ausschaltung des Aktionärs, d. h. die Blockierung der Aktien und ihre Bindung an den Einfluß bestimmter führender Personen entgegenzustellen sucht So entsteht manchmal, in anderm Format als früher zwar, aber doch im Wesen wieder so etwas wie eine Einheit zwischen Unternehmerperson und Unternehmen. Indessen dürfen wir auch dabei nicht übersehen, daß fast alle unsre großen Industriekonzerne noch sozusagen in der ersten Generation existieren, daß in ihnen vielfach noch die Schöpfernaturen, ihre Ursprungsbestandteile, mitarbeiten und die Zügel in fester Hand behalten. Aber wie regelt sich die Erbfolge? Nach welchen Gesetzen wächst eine neue Führung heran? Wie wird es in der nächsten Generation aussehen?

Die Tatsache, daß in unsrer heutigen Wirtschaftslage der Einfluß des Ingenieurs, des Fachmannes im engeren Sinne, zeitweise erheblich zurückgedrängt war zugunsten des reinen Wirtschaftlers, die schöpferische Tätigkeit zugunsten der reinen Fertigung, ist nicht abzuleugnen. Das führt dazu, daß die starken, nach Erfolg drängenden Persönlichkeiten sich heute mehr und mehr an der rein wirtschaftlichen Seite ansetzen wollen und nicht mehr auf
dem mühevollen Arbeitsplatz des Ingenieurtums. Ideali
mus steht nicht eben hoch im Kurs in der heutig
Generation. Man will nicht mehr mühsam ein Mensche
leben lang forschen und suchen, man will wirtschaft
und ausbeuten. Kaum ist eine neue technische Idee a
Licht gekommen, gar zum Patent ausgewachsen, so wi
bereits die Verwertung, der Handel mit Patentrechten z
Hauptsorge; für das technische Ausreifen bleibt kei
Zeit mehr. Wenn wir gleichzeitig bedenken, welche Lück
der Krieg in das junge Geschlecht gerissen hat, so wir
uns in greifbarer Nähe die Gefahr, daß sich ernstli
ein Mangel an führenden Persönlichkeiten der Techn
einstellen wird. Darum auch die häufigen Klagen üb
das Versagen des technischen Unterrichts und das Such
nach neuen Formen dafür. Darüber wird noch
sprechen sein. Aber hier kann das grundlegende Hinde
nis nicht liegen; der größte Teil der Pioniere aus d
Zeit des Aufschwungs hat noch kaum eine regelrech
Ausbildung nach heutigem Schema genossen, und wel
glänzende Ingenieure waren die großen Unternehm
Alfred Krupp, Werner Siemens, Borsig, die Gebrüd
Sulzer, Rieppel, Voith und die vielen andern mit klan
vollem Namen!

So vielseitig und verschiedenartig auch sonst d
Lebensgang unsrer großen Pionieringenieure war: ein
Charakterzuges entbehren sie alle nicht: das ist ihr u
beugsames Selbständigkeitsgefühl, ihr Una
hängigkeitsdrang, kurz ihr Persönlichkeitswer
gleichviel ob der Erfolg sie schnell hinaufführte zu eigene
Unternehmertum, oder ob ihr Leben ein dauernder Kam
war gegen die Widerstände des Althergebrachten; ihr Mu
das Schicksal auf die eigenen Schultern zu nehmen, sic
durchzukämpfen, nicht durch Ellenbogentechnik, sonder
durch die Leistung, den Glauben an ihre Idee un
einen unbändigen Enthusiasmus der Schöpferkraft.

Denn dies ist das Entscheidende. Mag der heutig
Reichtum unsres technischen Schaffens auch noch so lang
vorhalten, um eine Auswertung in die Breite zu ermö
lichen, um das amerikanische Prinzip des Nurfabriziere
bis zur äußersten Konsequenz zu entwickeln: wenn d
Schöpferkraft versagt, bricht diese Entwicklung doch ein
Tages zusammen. Das Beispiel von Ford, dieses Meteo
am Himmel der Fabrikation, sein Aufstieg in Glanz un
sein heutiges Erstarren beleuchtet blitzartig die Sachlag
Der kategorische Imperativ technischen Schaffens: „D
sollst stets das Bessere erstreben, weil es des Guten Fein
ist“, der innere metaphysische Zwang der fortgesetzte
Wandlung läßt sich nicht durch Übersteigern wirtschaf
licher Nützlichkeitserwägungen unterdrücken, noch wenige
durch gedankenloses Nachbeten fremder Entwicklungen.

Wenn wir in unsrer Industrie den Faden der En
wicklung zu neuen technischen Formen nicht festhalte
werden andre Völker ihn uns aus der Hand nehme
Aber sie werden uns eines der wertvollsten Güter en
reißen, auf das uns unsre besondere Begabung hinweis
Die Wirtschaft selbst wird auf lange Sicht hinaus d
Quellen verschütten, aus denen ihr neuer Auftrieb zu
fließen kann. Darum müssen im eigensten Interesse de
Wirtschaft wieder Mittel und Wege gefunden werden, da
dem schöpferisch begabten, nach Neuem strebenden tech
nischen Schaffen sein Platz und Arbeitsgebiet in der heu
tigen industriellen Organisation wieder zugewiesen wir
Unsre Unternehmer müssen wieder Ingenieure und aus In
genieuren müssen wieder Unternehmer werden könne

Die besondere Lage der Maschinentechnik

Im eigentlichen Maschinenbau, diesem stärkste
Teilgebiet der Verfeinerungsindustrie, offenbaren sic
alle diese Schwierigkeiten besonders hemmend. Kein Gebie
ist so differenziert, so vielseitig in seiner Fragestellun
so umfassend von der reinen Theorie bis zur wirtschaf
lichen Banalität, wie dieses Kerngebiet aller industrielle
Arbeit. Nirgends ist die schöpferische technische Begabun
zum Erfolg so ausschlaggebend, nirgends so an die Perso
geknüpft wie hier. Darum sind der Zusammenschlußbewe
gung nirgends so deutliche Grenzen gezogen wie im eigent
lichen Maschinenbau, und wo aus äußeren Gründen der
noch gesucht wird, sie zu übersteigen, wird sie zu große
Fehlschlägen führen. Etwas ganz andres ist es, die Fer

ung gegebener Massengüter in riesenhaftem Maßstab
fzuziehen, als nur eine Wärmekraftmaschine neu zu ent-
ekeln, die den bisherigen thermischen Ausnutzungsgrad
einige Bruchteile verbessert, oder einen neuen Web-
hl herauszubringen, der berufen ist, die gesamte
bereitechnik zu revolutionieren.

Keine noch so sinnvolle Organisation, kein Kura-
ium, keine Planarbeit vermag zu ersetzen, was in der ge-
mnisvollen Schöpferkraft des Ingenieurs sich frei ent-
ekelt, in der Gestaltungskraft des schaffensfreudigen In-
ieurs neue Formen findet.

„Ein Flügelschlag, und hinter uns Äonen.“

Auf keinem Gebiete der Technik sind die schöpferischen
nzelpersonen so besonders unentbehrlich, gleichviel ob es
h um den Ingenieur mit allen Feinheiten der Hoch-
ulbildung, oder den Meister in der Werkstatt, oder den
digen Werkzeugmacher handelt. Trotz aller Würdigung
Wichtigkeit einer rationellen Fertigung, von Normung
l Typisierung, wird der eigentliche Maschinenbau doch
ner bis zu einem gewissen Grade das Feld der stärksten
nzelfertigung, der ständigen Neuschöpfung bleiben müs-
, niemals wird er Gegenstand der reinen Fabrikation
rden können. Für ihn gilt ganz besonders die Feststel-
g, daß die eigentliche Werkstattfertigung doch nur
n e Stufe, zwar eine wichtige, aber doch nur e i n e
ppe in der ganzen Reihe des Werdegangs vom ersten
nken einer technischen Idee bis zum verkaufsreifen
jekt darstellt, der andere ebenso wichtige vorausgehen
ssen. Darum wäre es ein Unglück für den Maschinen-
, wenn sich die tüchtigen Kräfte der heranwachsenden
neration von der schwierigeren Arbeit des Forschens
l Gestaltens abwenden würden, um in der reinen Fer-
ung, der geschäftlichen Bewirtschaftung ein dankbareres
beitsfeld zu suchen. Schon hören wir häufig die Klage,
ß es keinen Nachwuchs an guten Konstrukteuren mehr
be!

Der eigentliche Maschinenbau im engeren Sinne hat
ner zu den Industrien gehört, die keine besonders hohen
nten abgeworfen haben, oft nur mühsam ihre Existenz
aupten konnten. Die Geschichte der Maschinenindustrie
rt uns das ganz deutlich. Das ist aber mit ihrem inner-
n Wesen verbunden und ihrer eigenartigen Eingliede-
g in den Wirtschaftsprozeß zwischen Rohstofferzeu-
g und letztem Verbraucher. Sie ist sozusagen die am
isten „i n g e n i e u r m ä ß i g“ betriebene Art aller In-
trien. Die Führer der Wirtschaft werden sich daran
öhnen müssen, daß das nicht eine Folge der unren-
len Ingenieurarbeit ist, sondern ein vielfach notwen-
er Zustand. Forschung und Fortschritt im Maschinen-
müßten auch weiter gepflegt werden, selbst wenn der
schinenbau allein gar nicht mehr eine Rente abwerfen
rde. Denn nicht im Dasein der Maschine, in ihrem
kaufspreis beruht ihr Wert, sondern er erscheint in
lfacher Potenz in dem Produkt, das in andern Werken
ihr erzeugt wird. Der Verkaufspreis deckt immer nur
K o s t e n für Werkstoff und Arbeit in der Maschine
st; den wirtschaftlichen W e r t der in ihr verkörperten
nischen Idee heimst der spätere Besitzer ein, der mit
r Ausnutzung in die Breite wirken kann. Nur ein
spiel:

Eine Turbodynamo von beispielsweise 10 000 kW-Lei-
g erfordert heute wohl einen Kostenaufwand von
Iill. ℳ einschließlich der Anlagen für die Dampf-
ugung. Sie vermag ohne Mühe bei mäßiger Durch-
nittsbelastung jährlich etwa 30 Mill. kWh zu erzeugen,
n Selbstkostenbetrag mit etwa 3 ₰ in Ansatz gebracht
den kann. An den letzten Verbraucher gelangen diese
Mill. kWh vielleicht zu einem durchschnittlichen Preis
13 ₰; es verbleiben 3 Mill. ℳ jährlich neues Kapital,
in Steuern, Zwischengewinnen der Unterverteiler, Ab-
eibungen, Reserven angelegt werden kann, aber jeden-
s neugebildetes Kapital darstellt. Also in nur einem
re erzeugt diese Maschine neue wirtschaftliche Werte,
ihre eigenen Kosten völlig ersetzen; ihr gesamtwirt-
ftlicher Produktionswert ist ein Vielfaches dieser
ten.

Solche Beispiele lassen sich aus dem gesamten Maschi-
bau anführen. Sie zeigen, daß unsere kaufmännische
übliche Erfolgsrechnung, die nach den Regeln der Betriebs-
wirtschaftslehre nur mit K o s t e n e i n h e i t e n, aber nicht
mit W e r t e n operieren kann, hier eine Lücke offen läßt.
Sie kann solche Werte nicht erfassen, die l a t e n t in der
gesamtwirtschaftlichen Bedeutung technischer Entwick-
lungsgänge enthalten sind. Nirgends erscheinen diese in
den Abrechnungen, weil „Wert“ und „Kosten“ keine über-
einstimmenden Begriffe sind. Aber sind deshalb diese Werte
nicht vorhanden? Niemand würde es einfallen, den Produk-
tionswert eines blühenden Unternehmens einfach nach der
Summe der Kosten der darin angelegten Maschinen und
Einrichtungen zu bemessen, d. h. ihn den Anlagekosten
gleichzusetzen. Jede Bilanz, jede nur zahlenmäßig aufge-
machte Erfolgsrechnung versagt hier; wer nur an die
Richtigkeit der toten Zahlenschemata glaubt, muß zu einer
falschen Beurteilung der Zusammenhänge kommen.

So nimmt die Maschinentechnik in der rein wirtschaft-
lichen Bewertung eine ganz andre Stellung ein als ihrer
Bedeutung entspricht. Und doch beherrscht die mecha-
nische Technik heute j e d e industrielle Produktion, gleich-
viel auf welchem Gebiet. Auf welchem Zweig der natur-
wissenschaftlichen Erkenntnis auch immer eine technische
Idee gewachsen sein mag, ihre Überführung in eine indu-
strielle Auswirkung führt immer über die Maschinenindu-
strie. Jeder Rückgang im technisch - wissenschaftlichen
Niveau der Maschinentechnik müßte hundertfach auf die
ganze übrige industrielle Produktion zurückwirken.

Die Erhaltung einer hochstehenden Maschinenindustrie
ist daher eine der wichtigsten Lebensfragen der g e s a m -
t e n industriellen Wirtschaft; dazu kann sie aber bei der
ganzen Eigenart ihres Arbeitens am allerwenigsten die
tüchtigen Ingenieure entbehren. Eine Maschinenfabrik,
deren leitender Kopf nicht technisch-schöpferisch mit
seinen Konstrukteuren und wissenschaftlichen Mitarbeitern
denken kann, ist nicht wert, selbständig bestehen zu bleiben,
und es ist als ein bedenkliches Zeichen des Niedergangs
zu deuten, wenn man stellenweise glaubt, durch das un-
genierte Nachempfinden fremder Ideen, durch gekaufte
Lizenzen und durch Nur-Fabrizieren könne man auf die
Dauer zum wirtschaftlichen Erfolg gelangen.

Auch die übertriebene Arbeitsteilung auf dem Gebiet
der reinen Ingenieurarbeit ist ein großer Feind wirklichen
Fortschritts. Alle unsere großen Pioniere der Technik sind
von einer erstaunlichen Universalität gewesen. Nicht weil
sie in allen möglichen Spezialitäten ausgebildet waren oder
gar ein Diplom über ein Dutzend Sonderfächer besessen
hätten, sondern weil vor dem Wissen, vor der Stoffauf-
speicherung die schöpferische Erkenntnis der Zusammen-
hänge und die gestaltende Kraft ausschlaggebend bleiben.

Unterricht und Forschung

Somit wird es auch nicht möglich sein, die notwen-
digen Führer etwa durch eine besser organisierte U n t e r -
r i c h t s t e c h n i k in gewünschter Zahl heranzubilden.
Der große Ingenieur wird geboren, nicht gedrillt. Aber es
ist klar, daß in unserer heutigen wirtschaftlichen Lage die
technischen Begabungen, wenn sie sich nützlich entfalten
sollen, von einer ganz andern Ebene der wissenschaftlichen
Erkenntnis und des technischen Bewußtseins ausgehen
müssen, als etwa in der vorhergehenden Generation. Diese
Ebene einzuregulieren ist die Aufgabe der Anstalten zur
Erziehung des technischen Nachwuchses. Die Zeit der
naiven „Erfindungen“, das Abernten jungfräulichen Bodens
ist im allgemeinen vorbei; der Frontsoldat der Technik
bedarf einer Ausrüstung von ungeahnter Vielseitigkeit.
Und darum ist es kein Wunder, daß gerade im Maschinen-
bau das ganze Unterrichtsproblem sich heute in einer
förmlichen Krisis befindet. Die Fülle des Stoffes droht
jede einheitliche Linie der Erziehung zu zerstören. Der
Lehrer an den Technischen Hochschulen harrt die unge-
heuer schwere Aufgabe, diesen unendlichen Stoff so zu
verarbeiten, in grundsätzliche und grundlegende einfache
Formen umzuschmelzen, daß er sich in beherrschtes Wis-
sen von den letzten Dingen verwandeln läßt und die Triebe
des Ingeniums befruchtet, nicht überwuchert. Wir werden
im technischen Unterricht entschlossen den Weg der Ver-
einfachung und Konzentration gehen müssen, um wieder
eine klare Linie der Erziehung herauszuarbeiten. Schon

in der Studienarbeit, in der Ausbildung muß die Einzelpersönlichkeit höher bewertet werden als irgendein Schema; sei es noch so genau berechnet, es kann doch immer nur Durchschnittsmenschen heranbilden.

Darum muß die Bildungsarbeit ebenso wie die Forschungsarbeit in der Industrie auf lange Sicht abgestellt werden. Es ist ebenso falsch, Spezialisten für einen augenblicklichen Modeartikel ausbilden zu wollen, wie es gefährlich ist, neue technische Probleme industriell nur dann in Angriff zu nehmen, wenn ihre wirtschaftliche Auswirkung sich sogleich in Mark und Pfennig ausrechnen läßt.

Das wertvollste Aktivum eines industriellen Unternehmens ist noch immer die in ihm gepflegte neu schöpfende Entwicklungsarbeit, die in die Zukunft greift und bei der die augenblicklichen materiellen Erfolge gewissermaßen als ein selbstverständliches Ergebnis betrachtet werden, weil die technisch-wirtschaftliche Konstruktion auf lange Sicht abgestellt und darum innerlich stabil ist.

Die Methoden der reinen Geldwirtschaft, die auf schnellen Umschlag des Geldes gerichtet ist, sind anders geartet als die industrielle Finanzwirtschaft in der Veredelungsindustrie; deren weitere Entwicklung bleibt stets auf das engste mit dem technisch-wissenschaftlichen Fortschritt verknüpft. Planmäßige technische Forschungsarbeit bedeutet werbendes Kapital! Wenn der starke Kapitalmangel der Gegenwart sich einmal gemildert haben wird, dann ist es höchste Notwendigkeit, daß das Anlagekapital sich wieder dieser Form der Anlage stärker zuwendet. Denn Produktionseinrichtungen haben wir übergenug; der Fertigungsapparat unserer Industrie ist durch die Überschätzung der sogenannten Sachwerte und die Kriegswirtschaft ohnehin viel zu groß für den absehbaren Bedarf. Ob aber der Vorrat an schöpferischem Vermögen noch für lange Zeit groß genug ist, steht auf einem andern Blatt.

Wenn wir also unsere Zukunft nicht verbauen wollen, so muß die Einstellung unserer Kapitalwirtschaft gegenüber diesem Teil der industriellen Arbeit ein andrer werden als bisher; nicht immer nur diejenigen Produktionen darf sie bevorzugen, die in unmittelbaren Verbrauch der Masse übergehen und damit schnellsten Kapitalumschlag und Gewinn hervorbringen; auch die mittelbar in die Wirtschaft eingreifenden Hilfsindustrien bedürfen der sehr vorsorglichen Behandlung. Gewiß sollen auch sie, wie die Maschinenindustrie und die ihr verwandten Betriebe, in sich tragbare, wirtschaftlich gesunde Unternehmungen bilden, Aufwand und Ertrag ausbalanzieren können. Aber das ist nicht ihre wichtigste Aufgabe: ihre fundamentale Bedeutung beruht in ihrer Bedeutung für die gesamte technisch-wirtschaftliche Entwicklung aller Zweige des wirtschaftlichen Lebens, auch bis weit in die landwirtschaftliche Gütererzeugung hinein.

Es lebt in vielen unserer Berufsgenossen heute ein Gefühl der Bitterkeit, daß man ihre gestaltende, schöpferische Arbeit als die kostenfressende, geldverbrauchende ansieht und die des Nur-Kaufmanns als die Verdienst schaffende bewertet. Gewiß, einsichtige Wirtschaftsführer wissen sich frei von dieser Einstellung, aber es gibt auch Gegenbeispiele. Dadurch, daß eine technische Idee, eine neue Maschine nicht heute sofort einen auszahlbaren Gewinn abwirft, ist noch gar nichts bewiesen über ihre Bedeutung für den gesamten Entwicklungsgang. Es wäre nicht nur eine kurzsichtige, sondern auch eine gefährliche Wirtschaftspolitik, wollte man auch nur den Gedanken an einen solchen Gegensatz aufkommen lassen. Technik und Wirtschaft können nicht auseinander laufen; die technisch beste Lösung ist immer auf weite Sicht auch für die Wirtschaft die einzig richtige.

Die Einbeziehung des Ingenieurs in die industrielle Arbeit

Ist somit in der sachlichen Bewertung der Ingenieurarbeit manches richtigzustellen, so müssen zum zweiten auch die menschlichen Voraussetzungen wieder hergestellt werden, aus denen starke Ingenieur-Persönlichkeiten herauswachsen können. Hierzu scheint mir in erster Linie vonnöten: daß dem Ingenieur nicht die Begeisterung, die innere seelische Verbundenheit mit seinem Beruf verloren geht, wie unsre großen Vorbilder sie in hohem Maß besessen haben. Dazu aber gehört so früh wie möglic die Erweckung von Verantwortungsgefühl, di Einschaltung in selbständige, verantwortliche Tätig keit. Unerfreulich groß ist die Zahl der jungen Leut die es gar nicht mehr wagen oder gar wünschen, ein selbsttätige wirtschaftliche Verantwortung auf ihre Schul tern zu laden, ihr Leben selbst in die Hand zu nehmen Noch am meisten jene, die heute Deutschland den Rücken kehren, und das sind leider nicht die schlechtesten. Si fliehen, weil sich ihnen in Deutschland die wirtschaft lichen Möglichkeiten des selbständigen Aufstiegs kaum noch bieten. Gegenüber dem Riesengebilde der großen Be triebe bedeutet die Einzelpersönlichkeit nichts mehr; imme mehr Massen, auch geistig hochstehender Berufe, werden hineingesaugt in eine beamtete Laufbahn, die in Gehalts klassen, in bürokratischen Schichtungen, mit zwangläufi geregeltem Aufstieg sich totläuft, aber nicht in da schöpferisch kämpfende Getriebe werdenden Lebens führt Selten nur winkt hier innerhalb dieser Organismen den jungen Ingenieur der so ungeheuer erzieherische Kamp um die Anfangsexistenz, das Ringen mit dem Stoff, da Wagnis, der Mißerfolg, das Stahlbad des Kämpfens un Sich-Durchsetzens.

Jeder unsrer großen Ingenieur-Pioniere hat das durch gemacht, und es gehört in ihrer Lebensgeschichte meis die Zeit ihrer ersten Jugendkämpfe zu den erschüt terndsten und eindruckvollsten Abschnitten. Hier, i diesen harten Jugendjahren wurde bei ihnen allen di Grundlage zu ihrem späteren Erfolg gelegt!

Wird die Entwicklung der meisten industriellen Ge biete auf dem Wege zur Konzentration, zur kollek tiven Arbeit an Stelle der individuellen so weite gehen, wie es zur Zeit den Anschein hat, so wird diese Typus des aus eigner harter Lebensjugend stark gewor denen Unternehmers wohl mehr oder weniger ganz ver schwinden. Der „beamtete“ Unternehmer, der „beamtete Forscher, der „beamtete“ Wirtschaftler tritt an sein Stelle, und es verschlägt wenig dabei, ob der Gesamt organismus schließlich in staatlicher oder privater Han ist. Für den heranwachsenden Ingenieur gibt es keine grö ßere Gefahr als die Bureaukratisierung, die sich in erschreckendem Maß auch in den Privatbetrieben aus breitet. Ihre schlimmste Wirkung erblicke ich in dem Zer stören des Gefühls der persönlichen Verantwortung au der einen Seite, der Erfolgfreude auf der andern. Beide führt zur Entseelung des Berufslebens. Erfolg heiß dann nur noch eine höhere Gehaltklasse, und Verantwor tung ist dazu da, daß sie von einem höheren Vorgesetzten übernommen wird. Begeisterung aber erstickt oder wir gar belächelt. Die Arbeitskraft der leitenden Herren da gegen erschöpft sich in Verwaltungsarbeit, in endlosen Sitzungen, Konferenzen, Tagungen, in denen gewiß viel gute Gedanken ausgebrütet, aber nicht ebenso häufig aus geführt werden; für die Arbeit des Ingenieurs am Reiß brett, in der Werkstatt sind nur gelegentlich ein paar Minuten frei, die „wirtschaftlichen“ Aufgaben über wuchern.

Wenn der Abstand zwischen der Leitung an der Spitze und der Ebene, wo die jungen schöpferischen Kräfte kämpfen, vorwärts drängen, die wertvollen Triebe sich ent wickeln wollen, immer größer wird, dann liegt wahrlich eine furchtbare Gefahr für den Nachwuchs in dieser Ten denz unserer heutigen wirtschaftlichen Arbeitsform. Denn an der Frage des Nachwuchses, die mit einem Male so dringlich aus allen Lagern der Wirtschaft ertönt, wird e sich erweisen, wohin wir steuern. Amerikanische Milliar däre stiften Hunderte von Millionen, um die Ausbildung des Nachwuchses, die wissenschaftliche Forschung mit Ge walt in Fluß zu bringen; ob der Ertrag diesem Aufwan entspricht, steht dahin. Wir werden diesen Weg so wenig gehen können, wie amerikanische Produktionsziffern unser Ziel sein werden. Wir müssen bewußt versuchen, die Werte herauszubilden, die in der schöpferischen Einzelpersönlichkeit liegen, die Qualität gegen die Quantität setzen.

Wie es möglich sein wird, in den Wirtschaftsgebilden der kommenden Periode die richtigen organisatorischen

ormen dafür zu finden, das wird eine ernste Sorge der ichsten Zeit bleiben müssen. Vielleicht bedarf es schon tzt einer Auflockerung der zu sehr zentralistisch angegten Verwaltungen im Sinne möglichst selbständiger inzelwirtschaft der Teilbetriebe; mit selbändiger Verantwortung der Unterführer[11]); auch e Betriebwirtschaftslehre, das Studium der Selbstkosten eist diesen Weg. Erforderlich ist es auch, die schöpfesch tätigen Personen von unnötiger Verwaltungsarbeit zu freien. Vor allem aber persönlicher Zusammenng der geistig leitenden Spitze mit den schaffenden proktiven Köpfen in der Werkstatt und am Reißbrett; das fühlungbleiben der leitenden Personen mit dem techschen Entwicklungsprozeß und mit den Trägern eser Arbeit, kurz: persönliche nicht bureaukrasche Leitung; Beobachtung und Anfeuerung der jungen räfte, aber auch Anerkennung des Erfolges, nicht nur materieller, sondern vor allem in moralischer Hinsicht. er Name der erfolgreichen Pioniere wenigstens sollte cht immer in der Firma oder dahinter verschwinden üssen, einerlei, ob beim Mann in der Werkstatt, im aboratorium oder beim leitenden Ingenieur[12]).

Endlich und vor allem aber Wiederaufnahme der guten ten Überlieferung, daß Forschungsarbeit und technischer ortschritt unabhängig von den Tagesaufaben gepflegt werden müssen, aus der Erkenntnis hers, daß alle Mittel, die da hineingesteckt werden, werendes Kapital darstellen.

Der Ingenieur aber darf niemals auch nur einen ugenblick verkennen, daß das ökonomische Geetz auch für jede seiner Arbeiten ebenso Richtschnur in muß wie die wissenschaftliche Erkenntnis. Wohl uß die reine Forschung unbeirrt von Tagesfragen ihren ühsamen Weg gehen, aber in dem Augenblick, wo aus r Erkenntnis die neue technische Schöpfung entsteht, t sie ein wirtschaftliches Lebewesen und folgt m magnetischen Kraftfeld der Wirtschaftseinflüsse. eine Konstruktion, die nicht bis in die letzte Stufe der ertigung hinein durchdacht ist, ist eine fertige und sgereifte Arbeit, und nur der ein Meister, der sie bis die letzten Zusammenhänge hin überschaut. Die Innieurarbeit hört nicht auf am Reißbrett und an der etorte. Sie greift weit hinein in die anschließenden irtschaftlichen Vorgänge. Der Ingenieur kann nicht e Aufgabe ungelöst andern überlassen, auch die Anertigung seiner Geistesprodukte wirtschaftlich in e vollendetste Form, in das Zwangsgesetz vom absouten Minimum der Selbstkosten überzuleiten[13]).

Ausblick

Aber deshalb gerade, weil wir diese innere Verflechng von Technik und Ökonomie anerkennen, wissen wir ns frei von der Besorgnis, als ob das gegenwärtige ordrängen gewisser rein geldwirtschaftlicher Bestrengen eine dauernde Unterordnung der Technik unter e Wirtschaft einleiten könnte. Das wäre soweit rich-, wie ein Lastzug die Lokomotive beherrscht, die ihn nen Berg hinaufzieht. Immer stärker dringt die Tech-k in alle Zweige der Wirtschaft ein; immer größere ebiete der Wirtschaft werden von ihr beherrscht, und it ihren Mitteln allein ist es ja möglich, die großen rganisationen der Wirtschaft zu führen. Die „Technik r Wirtschaftsführung" als ein besonderes Gebiet geinnt immer mehr an Bedeutung, und so wird auch die irtschaft mehr und mehr von technischem Geist, den Grundsätzen der Sachlichkeit technischer Arbeit durchdrungen werden.

Wir glauben an den Primat der Technik, nicht aus Überhebung, sondern weil wir ihre naturhafte Schöpferkraft, die innere Zwangläufigkeit ihrer Entwicklungsgesetze erkennen, und weil wir im Wirtschaftsleben mehr sehen als nur einen ungezügelten Kampf von Interessen. Die Technik lehnt den Gedankengang Spenglers ab, als sei sie der Totengräber der Kultur des Abendlandes. Ihr Weg führt aufwärts, zur immer fortschreitenden Lösung der Menschheit aus ihrer Erdgebundenheit, zur Überwindung der Materie durch den Geist[14]). Wie das einzelne Objekt, so strebt auch die Gesamtheit des technischen Schaffens aus innerem Zwang zu immer höheren, vollkommeneren Formen. Je mehr dieser Zwang die Wirtschaft durchdringt, desto mehr wird auch diese aus dem turbulenten Zustand in geordnete Strömungen übergeführt werden.

Vielleicht sind die sich entwickelnden neuen Gebilde unsres Wirtschaftslebens in erster Linie berufen, Träger dieser Entwicklung zu werden. Aber nur dann, wenn es ihnen gelingt, das Berufs-Ethos des Ingenieurs, den kategorischen Willen des Fortschritts vom Guten zum Besseren in schöpferischen Persönlichkeiten wach zu halten.

Nicht aus dem Kapital und nicht aus der Wirtschaft zieht die Technik ihre Lebenskraft, sondern aus den tiefsten Quellen des Lebens, aus Natur und Geist, aus der Schöpferkraft des Ingeniums. Diese Kraft wird unser Schicksal in der nächsten Generation bestimmen, sie wird auch die wirtschaftlichen Entwicklungen mit hochreißen müssen.

Wir werden keine großen Wirtschaftsführer mehr nötig haben, wenn wir keine großen Ingenieure mehr hervorbringen werden! Der Typus des Ingenieur-Pioniers wird in der kommenden Zeit vielleicht anders aussehen als früher; er wird mit andern Widerständen rechnen müssen und mit andern Formen des wirtschaftlichen Lebens. Der ausgesprochen kollektive Arbeitscharakter unsrer Periode bringt stärkere Abhängigkeiten mit sich, aber auch die Resonanz des erfolgreichen Schaffens ist vielfach verstärkt. Eine ungeheure Weite des technischen Bewußtseins und der wirtschaftlichen Zusammenhänge muß ihn erfüllen, aber auch gleichzeitig stärkste Eigenart des schöpferischen Denkens, die ihn absondert aus der normalisierten Menge gleichgerichteter Denkprozesse. Mehr als je wird es für ihn nötig werden, schärfste Selbstkritik mit ebenso scharfer selbständiger kritischer Einstellung gegenüber den scheinbaren Selbstverständlichkeiten des Zeitgeistes zu verbinden und sich bewußt immer wieder zurückzuziehen auf die klaren Quellen des geistigen Schaffens, in denen sich die wahrhafte Ingenieurarbeit verbindet mit den Quellen jeder menschlichen Geistesarbeit. Sie heißen für uns:

„Naturerkenntnis und zweckhaftes Wollen".

Mag bald die eine, bald die andre dieser Komponenten sich stärker betonen: Ihre richtige Synthese erst kann uns in jeder Phase der wirtschaftlichen Entwicklung Führer der Technik hervorbringen gleich jenen großen Vorbildern, auf die wir heute bewundernd zurückblicken; Männer, auf deren Leistungen der industrielle Standard von heute aufgebaut ist, die Bahnbrecher des industriellen Lebens waren, weil sie große Ingenieure gewesen sind.

[11]) Carl Friedr. v. Siemens, Rede zur Generalversammlung des emens-Konzerns 1927.
[12]) Arthur v. Weinberg, Chemie und Individualismus. Wirthaftsheft 1 der Frankf. Zeitung 1927.
[13]) E. Heidebroek, Industriebetriebslehre, Berlin 1922.
[14]) Luchtenberg, Vom Schöpfertum der Gegenwart, Schriften der Techn. Hochschule Darmstadt 1927.

Über die Werkstoffkennzahlen beim Brinellversuch

Von Ing. P. Wilh. Döhmer, Leiter der Werkstoffprüfabteilung der Schweinfurter Präcisionskugellagerfabrik Fichtel & Sachs A.-G., Schweinfurt

Die Brinellsche Härtezahl $H_B = \frac{P}{F}$ kg/mm², worin P die Prüflast und F die sphärische Oberfläche des zu dem Eindruckdurchmesser d gehörigen Kugelauschnittes für die Kugel D bedeutet, in ausführlicher Schreibweise also geschrieben:

$$H_B = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)},$$

ist für verschiedene Prüflasten nicht unabhängig von der Größe dieser Last. Sie steigt je nach Art des Werkstoffes mit der Prüflast bis zu einem gewissen Betrag (Größthärtezahl) an, um nach Überschreitung dieses Höchstwertes mit weiter steigender Last wieder zu fallen. Der absolute Betrag, um den die Härtezahl wächst oder abnimmt, ist innerhalb der im allgemeinen angewandten Druckstufen zwar nicht groß im Verhältnis zu dem zahlenmäßigen Wert der Härtezahl; er ist jedoch groß genug, um nicht vernachlässigt zu werden. Man war daher gezwungen, für die verschiedenen Werkstoffe Vereinbarungen über die Prüflasten zu treffen, um vergleichbare Brinellhärtezahlen zu erhalten. Da aber die Größthärtezahlen bei den verschiedenen Werkstoffen nicht bei gleichen zugehörigen Prüflasten auftreten, suchte man auf andern Wegen aus der Brinellschen Kugeldruckprüfung Werkstoffkonstanten zu gewinnen, um Stoffe verschiedener Natur und verschiedener chemischen Zusammensetzung in einwandfreier Weise miteinander auf Härte vergleichen zu können.

Aus den eingehenden Untersuchungen von E. Meyer[1]) wissen wir, daß für den Brinellversuch das Gesetz gilt:

$$P = a\, d^n.$$

Hierin bedeutet P die Prüflast in kg, a und n Konstanten, die von dem jeweiligen Werkstoff und seinem Spannungszustand abhängen, und d den Durchmesser in mm des auf der Probe zurückbleibenden Kugeldrucks.

Zur Berechnung der beiden Konstanten a und n muß man zwei Kugeleindrücke mit derselben Kugel, aber verschiedenen Prüflasten machen. Bezeichnet man diese mit P_1 und P_2 und die zugehörigen Eindrücke mit d_1 und d_2, so erhält man n aus der Gleichung:

$$n = \frac{\lg P_2 - \lg P_1}{\lg d_2 - \lg d_1}.$$

Hat man z. B. gefunden bei

1000 kg einen Kugeleindruck von 2,75 mm Dmr.,
3000 kg einen Kugeleindruck von 4,65 mm Dmr.,

so ist $n = 2{,}06$.

Für a ergibt sich dann:

$$\lg a = \lg P - n \lg d$$

und für die Zahlenwerte unsres Beispiels:

$$\lg a = 2{,}093, \quad a = 124.$$

Zur Vermeidung dieser umständlichen Berechnungsart zeigt Waizenegger einen praktischen Weg[2]). Will man die Werte für a und n nun als Werkstoffkennzahlen benutzen, so muß man durch Versuche feststellen, welche Werte den verschiedenen Stoffen und Zuständen eigen sind. Zahlentafel 1 soll einen ungefähren Anhalt bieten, in welcher Größenordnung sich diese Werte für einige Werkstoffe bewegen.

Betrachtet man zunächst die Werte für n. Wenn man annimmt, daß der zweite Kugeldruck mit höherer Belastung zur Ermittlung von n zum mindesten einen Eindruck erzeugt, der keine geringere Härtezahl ergibt als der erste Eindruck, so gilt nach E. Meyer die Gleichung:

$$\frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{u P}{\frac{\pi}{4} (v\, d)^2}.$$

Hierin bedeuten u und v Beiwerte, die angeben, um wieviel die zu der zweiten Belastung gehörigen entsprechenden Werte von P oder d größer sind als beim ersten Versuch. Aus dieser Gleichung ergibt sich:

$$v = \sqrt{u},$$

und man erhält für n den Wert

$$n = \frac{\lg u}{\lg v} = \frac{\lg u}{\frac{1}{2} \lg u} = 2.$$

Das heißt also: unter der früheren Voraussetzung kann n nicht kleiner als 2 werden.

In der Praxis beobachtet man jedoch, daß der zweite Kugeleindruck mit höherer Belastung nicht nur keine geringere Härtezahl nach E. Meyer liefert, sondern sogar keine geringere Härtezahl nach Brinell ergibt, so daß also demnach zum mindesten die Gleichung gilt:

$$\frac{P}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} = \frac{u P}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - (v\, d)^2}\right)},$$

woraus

$$v = \sqrt{\frac{u^2 d^2 - 2 D (u^2 - u) \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}{d^2}}$$

und

$$n = \frac{\lg u}{\frac{1}{2} \lg \left(\frac{u^2 d^2 - 2 D (u^2 - u) \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}{d^2}\right)}.$$

Für bestimmte Werte von u und d, z. B. für $u = 3$ und $d = 2, 3, 4, 5, 6$, ergeben sich für n die Werte:

d	2	3	4	5	6
n	2,037	2,091	2,180	2,324	2,592

Diese Werte von n sind Mindestwerte für die zugehörigen Eindruckdurchmesser. In ausgeglühtem Zustand, wenn also große Kugeleindrücke entstehen, ist der Wert n am größten. Mit zunehmender Kaltbearbeitung nimmt er ab, die Kugeleindrücke werden immer kleiner, bis der n-Wert schließlich den theoretischen Grenzwert 2 erreicht, wenn der höchstmögliche Zustand der Kaltverfestigung vorliegt. Dies wird durch Zahlentafel 1 bestätigt. Gewalzte und gezogene Werkstoffe haben die kleinsten, geglühte oder normalisierte Werkstoffe die größten n-Werte. Man hat daher in den n-Werten eine Vergleichsgröße für die Kaltverfestigung der Metalle.

Die a-Werte dagegen zeigen nach ihrer Größenordnung eine überraschende Proportionalität mit der Zerreißfestigkeit der betreffenden Metalle. Diese Ähnlichkeit ist so groß, daß man fast versucht ist, einen zahlenmäßigen Ausdruck dafür aufzusuchen.

Bei der Beantwortung der Frage, ob die a- und n-Werte geeignete Werkstoffkennzahlen für die Betriebspraxis sind, kommt man zu dem Ergebnis: Der a-Wert ist weitestgehend verhältnisgleich mit der Zerreißfestigkeit; nur um ihn allein zu gewinnen, ist der Mehraufwand durch das zweimalige Kugeldruckverfahren und die Rechenarbeit nicht gerechtfertigt. Der n-Wert ist ein Vergleichsmaß für die Kaltverfestigung und kommt daher in der Hauptsache nur bei kaltgewalztem, gepreßtem oder gezogenem Werkstoff in Frage. a- und n-Werte zusammen ergeben also folgende Regeln bei der Werkstoffbeurteilung:

Niedrige a-Werte bei hohen n-Werten: Werkstoff von geringer Härte und Festigkeit in geglühtem Zustande.

Niedrige a-Werte bei niedrigen n-Werten: Werkstoff von geringer Härte und Festigkeit in kaltverfestigtem Zustande.

Hohe a-Werte bei hohen n-Werten: Werkstoff von hoher Härte und Festigkeit in geglühtem Zustande.

Hohe a-Werte bei niedrigen n-Werten: Werkstoff von hoher Härte und Festigkeit in kaltverfestigtem Zustande.

Für den erfahrenen Werkstoffachmann bieten die Zahlenwerte insbesondere bei zahlreichen Vergleichsunterlagen recht wertvolle Anhaltspunkte zur Einschätzung von bestimmten Werkstoffsorten. [N 236]

Zahlentafel 1

Werkstoff	a	n
Kohlenstoffstahl, normalisiert[3])	65 bis 170	2,12 bis 2,22
Legierter Stahl, „	80 „ 270	2,20 „ 2,35
Messing, gezogen	80 „ 120	2,09 „ 2,17
Kupfer, gewalzt	40 „ 80	2,04 „ 2,08
Aluminium und Al-Legierungen	28 „ 41	2,07 „ 2,26

[1]) Vergl. Z. Bd. 52 (1908) S. 645 u. f.

[2]) Vergl. Döhmer, „Die Brinellsche Kugeldruckprobe", Berlin 1925, S. 25, dort auch ausführliches Quellenverzeichnis.

[3]) Vergl. DIN 1606.

Die Werkzeugmaschinen auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1927

Von Hans Häneke, Berlin.

Die konstruktive Entwicklung der Werkzeugmaschinen ist durch die folgenden Leitpunkte gekennzeichnet: Starrheit der Maschinen, Einrichtungen zur Verkürzung der Neben- und Spannzeiten, größere Genauigkeit der Arbeit, Entwicklung zur Formschönheit. Den Flüssigkeitsgetrieben wird erhöhte Aufmerksamkeit zugewandt. An Einzelbeispielen werden die Leitpunkte erörtert.

Die Werkzeugmaschinenausstellung in der Halle 9 der Leipziger Technischen Messe legte Zeugnis ab von einer außerordentlich rührigen und erfolg-ichen Arbeit in den Konstruktionsabteilungen der deut-ıen Werkzeugmaschinenfabriken Bereits im vor-ırigen Messebericht[1]) konnte festgestellt werden, daß r deutsche Werkzeugmaschinenbau sich unabhängiger n den amerikanischen Vorbildern gemacht hat; die ›nstrukteure gehen mit großer Sicherheit eigenen Ge-ıken nach. Eine Anerkennung dieser technischen haffenskraft kann man in dem Besuch der Leipziger ›sse durch Konstrukteure führender amerikanischer erkzeugmaschinenfabriken sehen. Besonders erfreulich , daß die Ausfuhr deutscher Werkzeugmaschinen nach ı Vereinigten Staaten 1926 das Doppelte der Einfuhr erikanischer Werkzeugmaschinen nach Deutschland rug.

Als bestimmend für die

allgemeine Richtung der Entwicklung

ssen sich folgende Leitpunkte herausheben: ırrheit der Maschinen, Einrichtungen zur Verkürzung r Neben- und Spannzeiten, größere Genauigkeit der beit, Entwicklung zur Formschönheit.

Der erste Punkt, Starrheit der Maschinen, erhält ne Bedeutung durch den Wettstreit zwischen Leistungs-ıigkeit des Werkzeuges und Widerstandfähigkeit der ıschine, vergleichbar dem Wettrüsten zwischen Durch-ılagskraft des Geschosses und Festigkeit der Panzer-ıtten bei Kriegschiffen. Die Hochleistungs-Schneid-talle wie Stellit, Akrit, Caedit, Miramant, Widia erfor-›n immer kräftigere, massigere Maschinen für die ırupparbeit. Ein starrer Maschinenkörper sichert ›ichzeitig auch erhöhte Sauberkeit der Schlichtarbeit[2]).

Verkürzung der Nebenzeiten wird erreicht rch geeignete Aufspannvorrichtungen: Rundtische, ıwenktische, Revolverteller u. ä., die ein stetiges Ar-ten und Spannen während der Laufzeit ermöglichen.

[1]) Bd. 70 (1926) S. 582.
[2]) Vergl. Krug, Zum Begriff „Starrheit" bei Werkzeugmaschinen, ›schinenbau" Bd. 6 (1927) Heft 4 S. 169.

Abb. 1
Fl›henschleifmaschine von Dr. Rud. Schönherr, Chemnitz

Abb. 2
Flächenschleifmaschine mit wagrechter Schleifspindel von Karl Jung, Berlin

Ein andres Mittel sind die Sprungvorschübe an Fräsmaschinen, schnelles Heranführen des Werkstückes an das Werkzeug, langsamer Arbeitsgang, rascher Rücklauf. Ebenso gehört hierher das deutliche Kenntlichmachen der Umlaufzahl des Werkzeuges oder Werkstückes, das man entweder durch Drehzahlmesser oder durch Anzeigen der durch das Getriebe eingestellten Drehzahl an einem Schauloch erreicht; der Arbeiter braucht also nicht eine bestimmte Stellung verschiedener Hebel zu beachten, sondern hat seine Aufmerksamkeit nur auf die Anzeige der richtigen Drehzahl zu richten.

Die Genauigkeit der gelieferten Arbeit wird durch die genaue und saubere Ausführung der Arbeitsmaschine bedingt — das Schleifen der Führungsbahnen kann heute wohl endlich als eine gelöste Aufgabe angesehen werden — und durch selbsttätig wirkende Meßeinrichtungen überwacht. An verschiedenen Stellen sah man Schleifmaschinen mit eingebauter Meßuhr, die die Messung während der Schleifarbeit ausführte, sowie mit selbsttätigem Meßwerkzeug, das mit Hilfe elektrischer Kontakte beim Erreichen des bestimmten Maßes den Gang ausschaltet. Meßwerkzeuge für die Messungen im Betrieb und für die Überwachung der Genauigkeit im Laboratorium sind zu großer Vollkommenheit entwickelt.

In zunehmendem Maße wird von hydraulischen Antrieben Gebrauch gemacht. In der Hauptsache sind zwei Arten der Flüssigkeitsgetriebe zu unterscheiden: Getriebe zur stufenlosen Regelung der Umlaufzahlen, wie das Enor-Getriebe, Lauf-Thoma-Getriebe, Sturm-Getriebe, und mittels Druckflüssigkeit betätigte Steuerung der Hin- und Herbewegung des Tisches, besonders bei Schleifmaschinen, die in Deutschland, soweit bekanntgeworden, zuerst von den Diskus-Werken angewandt wurde. Die Flüssigkeitsgetriebe zur Drehzahl-

Abb. 3
Flächenschleifmaschine von Max Hasse & Co., Berlin

regelung leiden heute meist noch unter dem Nachteil, daß im Dauerbetrieb der Wirkungsgrad der Kraftübertragung abfällt; die angestrengte Arbeit, die diesen Getrieben gewidmet wird, läßt hoffen, daß in absehbarer Zeit der Einbau dieser Getriebe, die eine vollkommene Anpassung der Schnittgeschwindigkeit an die Erfordernisse des Betriebes ermöglichen, zu weitgehender Anwendung im Werkzeugmaschinenbau kommt.

Schleifmaschinen

Besonders weite Entwicklung zeigt das Schleifen, und hier wieder in erster Linie das F l ä c h e n s c h l e i f e n, das sowohl als Genauigkeitsarbeit statt des Schabens wie als Schrupparbeit statt des Hobelns oder Fräsens gezeigt wird.

Das Schmirgelwerk Dr. Rudolf Schönherr, Chemnitz, hat die Führungsbahnen - Schleifmaschinen weiter ausgebildet; Abb. 1 zeigt eine solche Maschine mit drehbarem Ständer, der gleichzeitig die Schaltbewegungen ausführt. Das Werkstück wird also fest aufgespannt; durch Schwenken des Ständers können verschiedene Werkzeuge ohne Umspannen des Werkstückes nacheinander zum Arbeiten kommen. — Eine selbsttätige Flächenschleifmaschine mit senkrechter Welle und umlaufendem Rundtisch, in den die Arbeitstücke in Aussparungen eingelegt werden, von der gleichen Firma gebaut, dient zur Bearbeitung von flachen Massenteilen, wie Bügeleisen usw. Rundtisch und Schleifmaschine überschneiden einander; die Arbeitstücke werden unter Druck über die Schleifscheibe geführt und auf ihrer Unterseite geschliffen. Eine Rinne führt die bearbeiteten Teile ab.

Die Diskus-Werke, Frankfurt a. M., erzielen auf ihren Flächenschleifmaschinen durch Schleifräder besonderer Bauart und Starrheit des Maschinenkörpers bei sehr großer Spanleistung erstaunlich hohe Genauigkeit und Sauberkeit der geschliffenen Flächen. — Eine Doppelständer-Langflächenschleifmaschine mit hin- und hergehendem Tisch für schwere Teile hatte die Firma Friedrich Schmaltz, G. m. b. H., Offenbach, ausgestellt. Das Schleifrad mit eingesetzten Segmentschleifkörpern ist unmittelbar auf die senkrechte Welle des Motors aufgesetzt.

Unter den Schleifmaschinen zum Schleifen kleinerer Flächen stellt besonders eine Maschine mit wagrechter Schleifspindel von Karl Jung, Berlin, Abb. 2, eine bemerkenswerte Neukonstruktion dar. Die Anwendung von Ölgetrieben ermöglicht eine stufenlose Regelung der Tischgeschwindigkeiten von 5 bis 0 m/min; die Tischgeschwindigkeit ist also entsprechend der verlangten Feinheit des Schliffes einstellbar. Diese Schmiegsamkeit bietet den bisher bei solchen Maschinen noch nicht gekannten Vorteil, mit hoher Leistung schruppen und in der gleichen Aufspannung bei verlangsamten Vorschüben den letzten und feinsten Schlichtspan nehmen zu können, um eine besonders glatte Fläche zu erzielen.

Das Ölgetriebe ist im Ölkasten, der den Ölvorrat birgt, vollkommen abgeschlossen. Bis auf die Ratschdose zum Quervorschub des Tisches liegen keine beweglichen Steuermechanismen frei auf der Getriebeplatte. Auf der linken Seite dieser Platte kann durch eine runde Glasscheibe der Ölstand beobachtet werden. Das Öl bleibt ohne jede Schaumbildung, eine Folge des ungewöhnlich niedrigen Öldruckes, der auf die vorteilhafte Bemessung von Kolben und Pumpen zurückzuführen ist. Als Treibmittel dient Mineralöl. Die gleitenden Flächen an der Maschine, besonders die empfindlichen Führungen an den Spindelkasten, sind vollständig staubgeschützt ausgebildet. Die Maschine bildet mit dem eingebauten Motor zusammen ein einheitliches Ganzes und kann als ein Meisterstück genauer Werkstattausführung bezeichnet werden.

Abb. 4
Rundschleifmaschine der Fortuna-Werke. Die Drehzahl des Werkstückes wird durch Enor-Flüssigkeitsgetriebe geregelt.
a Flüssigkeitsgetriebe *b* schwenkbare Ölleitung *c* Kühlwasserpumpe

RZ356Z5

RZ356Z6

Abb. 5 und 6
Verschiedene Ansichten der Rundschleifmaschine von Karl Jung, Berlin

Abb. 3 zeigt eine Flächenschleifmaschine von Max Hasse & Co., Titania-Werk, Berlin, für die Meßflächen von Rachenlehren und Grenzmaßen. Die Maschine arbeitet mit zwei Schleifscheiben, von denen die eine als Schmirgelschleifscheibe, die andre als Polierscheibe dient. Eine Ausgleichanordnung für die Wärmeausdehnung verhütet gleichzeitig jedes Spiel der Schleifspindeln in der Achsrichtung. Die beiden Spindelkasten zum Antrieb der Scheiben sind unabhängig voneinander verstellbar angeordnet.

Der Schleiftisch bewegt sich zwangläufig; eine durch Schneckenrad und Schnecke erreichte Feinübersetzung ermöglicht Zustellungen und Ablesungen bis zu $^{1}/_{1000}$ mm.

Auf dem Gebiet des Rundschleifens ist eine Leistungsteigerung beim Bearbeiten verhältnismäßig kurzer Zylinder durch Verwendung der Einstechschleifmaschine möglich, die von den Firmen Naxos-Union, Frankfurt a. M., und Ludw. Loewe & Co., Berlin, gezeigt wurde. Die Breite der Schleifscheiben entspricht der Länge der ganzen zu schleifenden Fläche. Die Zustellung beschränkt sich dann auf die Schleifscheibe in radialer Richtung, während die gegenseitige Verschiebung von Werkstück und Schleifscheibe in Achsenrichtung

RZ 356 Z7u8

Abb. 7 und 8
Revolverkopf und Spindellagerung der Rundschleifmaschine von Karl Jung (Abb. 5 und 6)

Abb. 9
Innenschleifmaschine mit hydraulischem Antrieb und Planschleifeinrichtung der Wotan-Werke

wegfällt. Um Schleifrillen in der geschliffenen Welle zu vermeiden, genügt eine kurze hin- und hergehende Bewegung der Schleifscheibe. Zu Beginn des Arbeitsganges wird die Schleifscheibe beschleunigt an das Werkstück herangebracht. Dann erfolgt das eigentliche Einstechen durch langsames Zustellen, wobei die Schleifzugabe bis zu 0,6 mm betragen kann. Bei der dann folgenden Schlichtarbeit wird die Schleifscheibe nicht mehr zugestellt und feuert aus. Nach beendeter Arbeit fährt die Schleifscheibe selbsttätig etwa 10 mm zurück und bleibt durch Auslösung des Selbstganges stehen. Statt der einen breiten Scheibe können auch mehrere schmalere Scheiben in einer Aufspannmuffe vereinigt werden, so daß man die Maschine auch zum Formschleifen benutzen kann.

Abb. 4 zeigt einen Schnitt durch den Antrieb der Fortuna-Rundschleifmaschine, bei der ein Enor-Flüssigkeitsgetriebe die Drehzahl des Arbeitstückes regelt.

Eine besondere Ausführungsart von Rundschleifmaschinen, Abb. 5 und 6, zeigt als Hauptmerkmal die Aufnahme der Werkstücke auf zwei Arbeitspindeln, die in einem um die wagerechte Achse drehbaren Revolverkopf gelagert sind (Karl Jung, Berlin). Während sich die eine der beiden Spindeln dreht und das Werkstück der Schleifscheibe zuführt, ist die zweite Spindel, die stillsteht, zur Beschickung frei. Abb. 7 und 8 lassen die Spindellagerung und die Wirkungsweise des Revolverkopfes erkennen. Die Maschine eignet sich besonders zum Schleifen von Rollen, Kugellagerringen und andern Teilen, deren Außenfläche genau zur Bohrung laufen muß, oder von Zapfen, die freiliegend geschliffen werden sollen. Sie erfüllt die Forderung des Schleifens ohne Spannzeiten. Ein im Sockel eingebauter Flanschmotor dient zum Antrieb; ein Sonderantrieb für die Schaltung des Revolverkopfes wird von einem aufgesetzten kleinen Motor abgeleitet. Bemerkenswert ist die aus Abb. 6 ersichtliche Riemenführung mit dem Antrieb der Werkstückspindel.

Die Innenschleifmaschine der Wotan-Werke, Abb. 9, ist gleichzeitig auch zum Planschleifen verwendbar. Sie hat regelbare Flüssigkeitsgetriebe für Werkstückspindel- und Tischbewegung. Die Tischgeschwindigkeit ist von 0,3 bis 12 m/min, die Spindelgeschwindigkeit von 0 bis 500 Uml./min stufenlos einstellbar. Die Schaltung erfolgt augenblicklich während des Ganges der Maschine. Für das Messen der Bohrung ist halbselbsttätige oder selbsttätige Meßeinrichtung vorgesehen.

Abb. 10
Werkzeug zum Ziehschleifen von Mayer & Schmidt

Abb. 11
Reiterlehre der Fortuna-Werke mit breitem Minimeter an der Schleifmaschine

Abb. 12
Zahnrad-Fräsmaschine von Hermann Pfauter

Die halbselbsttätige Meßeinrichtung besteht aus einem wegschwenkbaren Arm mit Fühluhr; der vorn am Minimeter befindliche leicht bewegliche Finger trägt einen rundpolierten Diamanten, der sich schwach gegen die Bohrung des Arbeitstückes anlegt. Von hier aus wird das Maß der Bohrung durch einen Hebel auf die Fühluhr übertragen. Ist die Zeigerstellung erreicht, so wird die Werkstückspindel stillgesetzt und die Bohrung vom Arbeiter durch Kaliber nachgeprüft. In der Endstellung des Tisches wird die Fühluhr durch eine am Tisch angebrachte Kurve aus dem Arbeitstück herausgeschwenkt.

Die selbsttätige Meßeinrichtung überwacht elektrisch die Abdreharbeit für die Schleifscheibe und das Messen des Werkstückes, bis die Bohrung auf das gewünschte Maß fertig geschliffen ist. Dies wird durch eine am Zustellmechanismus für die Schleifscheibe befindliche Einstellvorrichtung erreicht, die aus drei verstellbaren Nocken besteht. Diese Nocken steuern die elektrische Schaltung. Nach dem Schruppen bei hoher Tischgeschwindigkeit wird gleichzeitig langsame Tischbewegung für das Abdrehen der Schleifscheibe und für das Schlichten der Bohrung eingeschaltet. Im Grundaufbau ähnelt diese Meßeinrichtung derjenigen, die an der Maag-Zahnradschleifmaschine vorgesehen ist[3]).

Mayer & Schmidt, Offenbach a. M., führten das aus Amerika bekannte Verfahren des Ziehschleifens (Honing) von Bohrungen[4]) an einer einspindligen Zylinderpoliermaschine vor; das Werkzeug hierzu zeigt Abb. 10. Eine Keilradschleifmaschine zum Schleifen von Nuten in Bohrungen brachte Carl Unger, Hedelfingen. — Für die Überwachung der Schleifarbeit besonders wertvoll ist die Ausbildung der Meßwerkzeuge. Die Reiterlehre der Fortuna-Werke, Abb. 11, ermöglicht infolge ihrer Verbindung mit einer Fühluhr durch Dreipunktauflage, die Rundung und das Abmaß festzustellen. — Der Stand der Firma Schuchardt & Schütte bot u. a. eine ausgezeichnete Zusammenstellung der optischen Meßwerkzeuge von Carl Zeiß, Jena, die zur ständigen Überwachung der Fabrikationsgenauigkeit dienen.

[3]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) Heft 16 S. 513 und „Maschinenbau“ Bd. 5 (1926) S. 402: Dolezalek, Die Maag-Zahnradhobelmaschine und die Maag-Stirnradschleifmaschine.

[4]) Vergl. „Maschinenbau“ Bd. 5 (1926) S. 940, Schmirgeln und Ziehschleifen von Kolbenbolzen, Zylinderbohrungen und Buchsen; s. a. Z. Bd. 71 (1927) Heft 13 S. 430.

Abb. 13
Fräsmaschine von Ludw. Loewe & Co., A.-G., Berlin

Unter den Werkzeugschleifmaschinen sah man ebenfalls mehrere Neukonstruktionen, besonders für die Instandhaltung von kleinen Spiralbohrern und von Messerköpfen; auf Einzelheiten kann bei dem beschränkten Raum nicht eingegangen werden.

Zahnradbearbeitung

Neben dem Schleifen fielen besonders die Fortschritte in der Herstellung von Verzahnungen auf. Über die zyklische Pfeilverzahnung für Kegel- und Stirnräder von Böttcher & Geßner, die erstmalig öffentlich gezeigt wurde, ist kürzlich in der Zeitschrift „Maschinenbau“ ausführlich berichtet[5]). Das Gleason-Verfahren, das ja ebenfalls von Böttcher erfunden, dann aber nach Amerika verkauft wurde, ist weiter entwickelt; die nach diesem Verfahren bearbeiteten Räder haben die Vorteile der Selbsteinstellung, die den Einbau erleichtert, der tragenden Pfeilspitze und einer großen Eingriffsfläche, die ermöglicht, mit schmaleren Rädern auszukommen.

[5]) „Maschinenbau“ Bd. 6 (1927) S. 163; s. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 507

Abb. 14
Änderung der Drehzahl der Spindel und der Geschwindigkeit des Vorschubes durch leicht auswechselbare Wechselräder (Fritz Werner, A.-G.)

a Antriebmotor
b Hauptwelle
c Wechselräder für die Spindel
d Frässpindel

Abb. 15
(Mechaniker-)Kleinfräsmaschine von Fritz Werner A.-G., mit Kurventrommel zum Steuern der Tischbewegung

Abb. 16 und 17
Steuerung der Tischbewegung bei der Fräsmaschine von Max Hasse & Co.

a Kurventrommel
b Rolle zur Uebertragung der Bewegung auf den Frästisch
c verstellbarer Rollenhalter
d Knopf zum Ein- und Ausrücken des Frästisches
e Kupplung für den Selbstgang des Frästisches
f Handrad für die Kupplung *e*
g Kupplung für die Bewegung des Frästisches mit der Hand

Das Schleifen der Zahnflanken wird mehr und mehr angewandt; die Zahnflanken-Schleifmaschine ist von Reinecker weiter durchgebildet, während die Maag-Zahnrad-Schleifmaschine in Halle 11 lief. Von Reinecker stammt auch eine Fräsmaschine zum Zahnabrunden, bei der im Gegensatz zu den sonst bekannten Ausführungen die Frässpindel wagerecht liegt.

Unter den Abwälz-Räderfräsmaschinen[6]), die in großer Zahl ausgestellt waren, sei eine kleine Maschine von Hermann Pfauter, Chemnitz, Abb. 12, erwähnt; die Hauptmerkmale sind die durch die obere Querverbindung erzielte Starrheit des Maschinenkörpers und die selbsttätige Spanabführung durch ein laufendes Förderband. Die Stirnrad-Stoßmaschinen nach dem Fellow-Verfahren sind besonders von Lorenz, Ettlingen, weiter ausgebildet. Die erzielte Arbeitsgeschwindigkeit und die Spanmengen sind durchaus gleichwertig dem lange für unerreichbar gehaltenen amerikanischen Vorbild.

Fräsen

Die Verbindung von Antriebmotor und Maschine ist, zunächst unter starker Anlehnung an amerikanische Vorbilder (Cincinnati), zu befriedigender Lösung geführt. Ludw. Loewe & Co., Abb. 13, und die Wanderer-Werke A.-G. haben Wagerecht- und Universalfräsmaschinen von großer Schönheit der Formen und zweckmäßiger Bauart entwickelt. Die in Amerika ausgebildete pyramidenförmige Bauart des Ständers ist mehrfach übernommen worden.

Für den Frästisch ist der Sprungvorschub zur allgemeinen Einrichtung geworden; durch Einstellen bestimmter Anschläge werden nacheinander schnelles Heranführen des Werkstückes an das Werkzeug, langsamer Fräsgang, rascher Rücklauf bewirkt. Das Getriebe ist dadurch vereinfacht, daß man die Drehzahl der Spindel und die Geschwindigkeit des Vorschubes durch leicht auswechselbare Wechselräder ändern kann, Abb. 14. Mit einem Satz von acht Wechselrädern lassen sich bei diesem Getriebe von Fritz Werner, A.-G., Berlin, 16 Spindelgeschwindigkeiten erzielen, mit weiteren sechs Rädern zwölf Tischvorschübe[7]).

Fritz Werner, A.-G., Abb. 15, und Max Hasse & Co., Abb. 16 und 17, steuern die Tischbewegung durch eine Kurventrommel. Die Größe der Tischbewegung wird durch die in der Kurve geführte Rolle, die Geschwindigkeit des Tisches durch Anschläge am Umfang der Trommel gesteuert.

Unter den Senkrecht-Fräsmaschinen fanden die Neukonstruktionen von J. E. Reinecker, A.-G., Chemnitz, viel Beachtung, Abb. 18 und 19, die auch mit Kopiereinrichtung sowohl zum Langkopieren wie zum Rundkopieren, geliefert werden. Langfräsmaschinen mit besonders hohen Schnittgeschwindigkeiten zum Bearbeiten von Leichtmetallen, die man in neuerer Zeit wiederholt in Deutschland gebaut hat, waren auf der Messe nicht ausgestellt. (Schluß folgt.) [B 356]

[6]) Z. Bd. 71 (1927) S. 73.

[7]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 387, Neuere Bauart von Einfachfräsmaschinen.

Abb. 18 und 19
Senkrechtfräsmaschine von J. E. Reinecker mit eingebautem Rundtisch von 800 mm Dmr.

Selbstgang des Langschlittens	1100 mm
Seitlicher Selbstgang	625 „
Senkrechte Verstellung der Frässpindel	500 „
Entfernung von Tischfläche bis Unterkante der Frässpindel	125 bis 625 „
Ausladung der Frässpindel vom Ständer	700 „
Innenkegel der Frässpindel, metrisch	Nr. 7
16 Drehzahlen der Frässpindel	10,5 bis 253 Uml./min
12 Tischvorschübe	11 bis 252 mm

Bei Senkrechtselbstgang:
4 Vorschübe der Frässpindel nach unten von 0,09 bis 0,35 mm auf eine Umdrehung der Frässpindel

a Verstellung der Frässpindel-Drehzahlen
b Verstellung der Tischgeschwindigkeit
c Führungshülse der Frässpindel
d Handrad für Schnellverstellung der Frässpindel
e Handrad für Feineinstellung
f Anschlag zum Ausrücken des Vorschubes
g Oeleinguß
h „ für die Frässpindel

Neuere Maschinen der Ziegelindustrie

Von Baurat Dipl.-Ing. E. Franck, Leipzig

Trotz der vielen Ersatzbaustoffe der letzten Jahre ist die alte Ziegelbauweise in starkem Wiederaufleben begriffen. Die allgemeinen Herstellungsvorgänge in der Ziegelei. Die neueren Aufbereitungsmaschinen und die eigentlichen Ziegeleimaschinen. Die Vorteile des neuen Keramitstahls.

Um dem gesteigerten Wohnungsbedarf unsrer Bevölkerung Rechnung zu tragen, wurde eine Reihe neuer Bauweisen, wie die Herstellung von Wohnstätten aus gestampftem Lehm, Schlacken- und Aschensteinen, aus einfachem Stampfbeton erprobt und ausgeführt. Auch die von altersher bekannten Holzhausbauten traten wieder in den Vordergrund, wobei man den hygienischen und wärmetechnischen Forderungen besondere Aufmerksamkeit angedeihen ließ. Alle diese Ersatz-Wohnhausbauten mußten jedoch hinsichtlich ihres Bestandes gegen Witterungseinflüsse weit hinter der altbewährten Bauweise in Werkstein- oder Ziegelausführung zurückbleiben. Eine gesunde und für den Bewohner zufriedenstellende Behausung muß aber als einer der Grundpfeiler für den wirtschaftlichen und kulturellen Fortschritt eines Volkes betrachtet werden.

Eine Reihe bedeutsamer Bauwerke der jüngsten Zeit legt beredtes Zeugnis dafür ab, daß man sich in den letzten Jahren nicht nur der alten Ziegelbauweise an sich, sondern auch der Ziegelarchitektur bei Wohn- und Geschäftshausbauten in steigendem Maße wieder zugewandt hat. Hier sollen nur genannt werden: Das Hamburger Chilehaus des dortigen Architekten Höger, das Marxhaus in Düsseldorf von Prof. Kreis und das Hochhaus Borsig in Tegel bei Berlin. Insbesondere haben die Erste Ziegelbauausstellung in Hamburg zu Anfang vorigen Jahres, ferner die zweite Ausstellung dieser Art im Rahmen der Leipziger Technischen Herbstmesse die allgemeine Aufmerksamkeit für die alte Backsteinbauweise wieder lebendig werden lassen. Zur wirtschaftlichen Gestaltung dieser Bauweise und zur Güte der Bausteine hat nun die maschinelle Erzeugung der Ziegelwaren einen wesentlichen Teil beigetragen.

Der Rohstoff, der Ziegelton (Lehm) wird aus der Tongrube entweder mit der Hand oder mittels Lehmbaggers gewonnen. Die Aufbereitung der Tonerde, die die Ausscheidung der unerwünschten Bestandteile bezweckt, kann durch Auswintern, Ausschlämmen in Rührwerken, Durcharbeiten in Walzwerken, Kollergängen oder Tonschneidern vor sich gehen. Bei dem sich anschließenden Formen der Steine unterscheidet man durch Handarbeit hergestellte Handstrichziegel, ferner durch Maschinenkraft, mittels sog. Strangpressen geformte Steine. Bei diesen Pressen tritt aus einem senkrecht gestellten Mundstück der Tonstrang in wagrechter Richtung heraus, der durch dünnen Draht in einzelne Stücke zerschnitten wird. Bei der auch heute noch angewandten Handarbeit kann ein Arbeiter in zehnstündiger Arbeitzeit rd. 3000 Ziegel streichen, wogegen man durch Formmaschinen mit 10 bis 15 PS Leistung mehr als die 10fache Zahl bereitstellen kann. An das Formen reiht sich alsdann das Austrocknen der Steine im Freien auf luftigen Lagergestellen, die der Luft ungehinderten Durchzug gewähren. Das Brennen der Ziegelsteine nahm man in früherer Zeit in einfachen Erdmeilern vor, doch sind diese heutigentags durch besonders hierzu gebaute Brennöfen, sog. Dauerbrandöfen, verdrängt worden, unter denen der Hoffmannsche Ringofen an erster Stelle genannt werden kann.

Im allgemeinen genügen zur Verarbeitung des Rohstoffes und zur Herstellung der Ziegel in einfachen Fällen und bei leicht zu verarbeitendem Ton: Der Tonaufzug, der Beschicker, das Walzwerk und die Presse. Bei mittelschwerem, nicht überwintertem Ton tritt an die Stelle des gewöhnlichen Walzwerks der Kollergang und das Feinwalzwerk. Besondere Aufmerksamkeit haben die Maschinenfabriken stets der vorteilhaften Ausgestaltung und Vervollkommnung der Ziegelpressen gewidmet. So sind bei der Ziegelpresse, Bauart Z. St., Abb. 1, der Firma Kleemanns Vereinigte Fabriken, Stuttgart-Obertürkheim, die neuesten Erfahrungen im Ziegeleibetrieb verwertet. Die Lagerung und Kraftübertragung vom Riemen auf die Schnecken wurde so durchgebildet, daß eine wesentliche Kraftersparnis bei höherer Leistung eingetreten ist. Das Gewicht dieser Presse konnte trotz der höheren Beanspruchung verhältnismäßig niedrig gehalten werden.

Der Preßzylinder ist als Stufenzylinder gebaut; er hat einen auswechselbaren Zylindermantel. Der Zylinder ist so angeordnet, daß die durch die einzelne Stufe gepreßte Tonmasse sich nach vorne wieder ausdehnen kann; gleichzeitig aber wird sie durch Schnecken, die nach hinten abgedichtet sind, gefaßt und in die nächst engere Stufe gedrückt. Jeder Absatz des Zylinders ist mit auswechselbarer Schuppenbewehrung ausgerüstet. Der Preßkopf hat eine Klappe, damit man ins Innere gelangen kann. Die Lager der Schnecke und Vorgelegwelle sind feste Ringschmierlager, das Drucklager der Schneckenwelle ist als Kugeldrucklager neuerer Bauart ausgeführt. Die Maschine selbst wurde auf gemeinschaftlichem Grundrahmen aufgebaut, wodurch ein genaues Zusammenarbeiten und hohe Lebensdauer der Zahnräder gewährleistet wird. Die Triebe sind aus Siemens-Martin-Stahl gefräst, sämtliche Zahnräder mit Schutzvorrichtungen abgedeckt. Die Speisewalze hat leicht auswechselbare Lager und bequem nachstellbare Abstreifer. Wesentlich ist die einheitliche Durchführung der Grundplatte, auf der sich sämtliche vier Lager befinden; diese Anordnung ermöglicht gute Lagerung der Schneckenwelle. Sie ist nach den neuesten Erfahrungen im Triebwerkbau durchgebildet, vor allem hinsichtlich der so wichtigen Schmierung. Um selbst bei kalter Witterung einen guten Ölumlauf zu erhalten, hat man fest auf der Welle sitzende Schmierringe verwendet. Durch diese Ringe wird auch bei geringer Umlaufzahl selbsttätig und derart kräftig geschmiert, daß ein Festsitzen der Welle völlig ausgeschlossen ist. Infolge der reichlichen Schmierung im Verein mit gefrästen Zahnrädern wird große Sparsamkeit im Kraftverbrauch erzielt. Das

Abb. 1
Ziegelmaschine, Bauart Z. St., mit einer Speisewalze und gefrästen, im Ölbad laufenden Zahnrädern, hergestellt von der Firma Kleemanns Vereinigte Fabriken, Stuttgart-Obertürkheim.

hintere Hauptlager ist als Kugeldrucklager mit auswechselbarer Kugelscheibe durchgeführt, so daß bei einer etwaigen Senkung der Schnecke, die infolge Abnutzung eintreten könnte, die Welle stets ohne jede Störung selbsttätig in die wagrechte Lage eingestellt wird.

Die genannte Firma baut zwei Hauptausführungen dieser Ziegelpresse: eine solche mit 400 mm Zylinderdurchmesser, rd. 12 PS Kraftbedarf und 2000 bis 2500 Normalvollsteinen Stundenleistung; ferner eine solche mit 500 mm Durchmesser bei 20 PS Leistung und 3000 bis 3500 Vollsteinen Stundenleistung.

Abb. 2 zeigt eine Schamottesteinpresse der Firma Th. Groke, A.-G., Merseburg. Die der Maschine zuzuführende Leistung beträgt 20 PS; die Presse liefert 2000 bis 3000 Steine in 1 h.

Abb. 2
Liegende Schneckenpresse mit kegeligem Zylinder von Th. Groke, A.-G., Merseburg

Eine weitere wichtige Hilfsmaschine bei der Ziegelherstellung ist der Kollergang, der das Mahlgut im allgemeinen aus dem Beschicker empfängt und es, entsprechend vorbereitet, dem Feinwalzwerk übergibt. Während s. Z. die ersten Kollergänge fast ausschließlich mit umlaufendem Teller gebaut wurden, zieht man heute den Kollergang mit festem Teller vor, weil er ein sicheres, ungestörtes Arbeiten gewährleistet. Früher war man bestrebt, die Läufer eines Kollerganges möglichst schwer zu gestalten, heute sind die Ansichten darüber geteilt; mancherorts befürchtet man bei zu großem Gewicht einen Verlust an Plastizität des Mahlgutes. Je nach der Beschaffenheit des zu verarbeitenden Tones werden Trocken- oder Naßkollergänge gebaut, außerdem solche mit durchbrochener oder undurchbrochener Mahlbahn.

Abb. 3
Naßkollergang mit zwei Mahlbahnen, von denen die eine durchbrochen, die zweite undurchbrochen ist. Erbauer: Maschinenfabrik Th. Groke, A.-G., Merseburg

Besondere Aufmerksamkeit zog auf der letzten Technischen Messe die große Ausführung eines Kollerganges mit 1,50 m Läuferdurchmesser auf sich, die von der Firma Th. Groke A.-G., Merseburg, stammte, Abb. 3 und 4. Dieser Kollergang arbeitet mit zwei konzentrisch nebeneinander in einer Ebene angeordneten festliegenden Mahlbahnen. Die Läufer haben von der Königswelle ungleichen Abstand. Die äußere Mahlbahn ist undurchbrochen, die innere je nach der Beschaffenheit des Tones mit Schlitzen oder runden Löchern versehen, auch gemischte Anordnung wird ausgeführt. Diese Zusammenstellung einer nicht durchbrochenen mit einer durchbrochenen oder gemischten Mahlbahn ist von außerordentlich günstiger Wirkung. Der Rohton wird auf die äußere Mahlbahn aufgegeben, durch ein eigenartiges Scharrwerk nach innen gefördert und dort durch Schlitze oder Löcher eines Rostes hindurchgedrückt. Es ist deshalb ausgeschlossen, daß Fremdkörper, durch die ei nachfolgende Maschine beschädigt, oder daß unverarbeit Tonstücke, durch welche die Güte des Erzeugnisses bee trächtigt werden könnte, den Mahlteller verlassen, wie di bei den Kollergängen mit ganz geschlossener Mahlba möglich ist. Jeder Läufer weist bei 1500 mm Dmr. u 550 mm Breite 5100 kg Gewicht auf. Der Antrieb erford etwa 25 PS. Die Stundenleistung bei Tonverarbeitung b trägt rd. 3000 Stück Vollziegel mit den Abmessung 25 × 12 × 6,5 cm.

Infolge des von jeher außerordentlich großen Bedarf an Falzziegeln zur Eindeckung der gewöhnlichen Däch haben auch die Maschinen für die Herstellung dieser Fa ziegel stets eine besondere Ausbildung und Vervollkom nung erfahren. Die ältere Art dieser Maschinen ist Falzziegel-Schlittenpresse, die mit Hand- oder Motorantri ausgerüstet sein kann. Sie hat einen wagerecht verschi baren Schlitten mit zwei Arbeitsformen, von denen wechselnd bald die eine, bald die andre Form unter obere Preßform geschoben wird. Diese preßt durch ih lotrechte Auf- und Abwärtsbewegung den jeweils unt liegenden Tonkuchen aus, während von der andern Fo der fertige Preßling mittels Rähmchens abgenommen u ein neuer Kuchen aufgelegt wird. Die Schlittenpresse fordert gewöhnlich zum Auflegen und Abheben zwei Ma zur Bedienung. Bei Handantrieb können durchschnittli zwei bis drei Pressungen in 1 min erzielt werden, bei A trieb durch Motor von 1 bis 2 PS Leistung im allgemein 4 bis 5 Arbeitsgänge in der gleichen Zeit. Pressen dies Art sind für kleinere und mittlere Ziegeleibetriebe dur aus geeignet.

Der Massenbedarf an Dachziegeln und sonstigen To waren forderte gebieterisch auch eine Massenherstellu auf geeigneten Sondermaschinen. Hier ist vor allem d

Abb. 4
Naßkollergang mit zwei Mahlbahnen von Th. Groke, A.-G., Merseburg

Abb. 5 bis 7
Schwere Revolver-Falzziegelpresse von Th. Groke, A.-G., Merseburg
a Druckexzenter *b* Schlitten *c* Achse *d* Scheibenkranz (Maltheser-Kreuz) *e* fünfseitige Trommel *f* Zapfen am großen Stirnrad

Revolver-Falzziegelpresse zu nennen, Abb. 5 bis 7. Um beim Arbeiten auf der Vorder- und Rückseite der Maschine möglichst unbehindert zu sein, ist der Riemenscheibenantrieb im obersten Teil des Rahmens angebracht. Auf der kräftig gehaltenen Achse in halber Höhe ist einmal das große Stirnrad außen, ferner das Druckexzenter *a* innen angeordnet, das den Schlitten *b* mit der oberen Arbeitsform hebt und senkt, Abb. 5 und 6. Die untere ebenfalls sehr dicke Achse *c* trägt außen einen eigenartigen, fünfeckigen, sternförmigen Scheibenkranz *d*, während zwischen den beiden Bockrahmen eine fünfseitige Trommel *e* aufgekeilt ist.

Der Arbeitsvorgang bei dieser Presse ist derart, daß sich bei jedem Niedergang des Druckexzenters mit der Oberform eine der 5 Prismaseiten mit der Unterform selbsttätig als Gegendruckfläche einstellt. Auf der Rückseite der Maschine wird demgemäß von einem Arbeiter der Tonkuchen auf der schrägen Prismafläche aufgelegt, die im nächsten Arbeitsgang infolge Drehung der Trommel um 72° nach oben gelangt. Der Kuchen wird ausgepreßt, und nach einer weiteren Trommeldrehung um 72° wird der fertige Preßling mittels Rähmchens von der Maschine abgehoben. Die selbsttätige Trommeldrehung wird durch Zusammenarbeiten des am großen Stirnrad befestigten Zapfens *f* und des fünfeckigen Sterns *d* (Maltheser-Kreuz) bewerkstelligt. Beim Niedergang des oberen Druckstückes mit der Arbeitsoberform wird durch ein besonders geformtes Exzenter nicht sofort der volle Preßdruck erzeugt, so daß die Luft aus dem Tonkuchen vorher entweichen und überschüssige Preßmasse seitwärts gedrückt werden kann. Die schwere Revolver-Falzziegelpresse der Firma Th. Groke, A.-G., Merseburg, Abb. 5 bis 7, wird auch mit Schutzeinrichtungen für den Arbeiter gebaut, wodurch bei unvorsichtigem Hantieren Quetschungen an den Händen ausgeschlossen werden.

Besondere Erwähnung verdient der Keramitstahl der genannten Firma, der sich für die Verschleißteile an Ziegelei- und Zerkleinerungsmaschinen bestens bewährt hat. Gegenüber dem gewöhnlichen Hartguß und Stahlguß zeichnet sich dieser Stahl durch besondere Griffigkeit und Zähigkeit, sowie durch ungewöhnliche Härte und Dichte aus. Dies sind Eigenschaften, die für die Verschleißteile der genannten Maschinen als unerläßlich gelten. Es ist festgestellt worden, daß die Lebensdauer des Keramitstahles doppelt so hoch ist wie die des Hartgusses; Keramitstahlmäntel greifen die Tonmasse sofort an, wenn sie auf die Walzen kommt und reißen sie ohne Stockung mit sich. Dieser Stahl besteht im Mittel aus 0,6 vH Kohlenstoff, 0,8 vH Silizium und 1,4 vH Mangan. Während handelsüblicher Stahlguß 40 bis 50 kg/mm² Zerreißfestigkeit aufweist, zeigt Keramitstahl Festigkeitsziffern von 70 bis 200 kg/mm².

Eine bei der Ziegelherstellung nicht zu entbehrende Vorbereitungsmaschine ist der Beschicker. Er dient dazu, ein oder mehrere zu verarbeitende Stoffe selbsttätig und gleichmäßig der nachfolgenden Maschine, meist dem Kollergang aufzugeben. Der aus der Tongrube kommende Inhalt der Kippwagen wird in den in einer Balkenlage festgeschraubten Füllraum geschüttet, unter dem sich der Teller dreht. Die sich im Füllraum drehenden Treib- und Rührmesser zerkleinern die gröberen Werkstoffe und arbeiten den Inhalt durcheinander, wodurch jeweils die gewünschte Mischung erzielt wird. Gleichzeitig kann auch in dem Rumpf gegebenenfalls die Masse bewässert werden. Der Beschicker soll ferner die Aufgabe eines Silos übernehmen, er soll eine bestimmte Menge Tonmasse für eine gewisse Zeit ausreichend in sich aufgespeichert halten, damit beim Stocken der Tonzufuhr aus der Grube eine ungehinderte Weiterarbeit gewährleistet ist.

Führend in der Herstellung solcher Beschicker sowie andrer Ziegeleimaschinen, wie Feinwalzwerken usw., ist seit Jahren die Firma Eisenwerk Weserhütte, Oeynhausen, gewesen, die eine Reihe gut durchdachter und erprobter Maschinen auf den Markt gebracht hat. Als Beschicker werden heute hauptsächlich der Rund- und der Kastenbeschicker benutzt. Wo mehrere Werkstoffe verarbeitet werden, zieht man stets die Kastenausführung vor, die in verschiedenen Längen und mit mehreren Abteilungen gebaut wird, so daß man damit bis zu fünf verschiedene Werkstoffe gleichmäßig und in bestimmtem Verhältnis zueinander verarbeiten kann.

Die neueren Feinwalzwerke sind so gebaut, daß jede Walze unmittelbar durch Riemen angetrieben wird. Die Achsen der Walzen sind kräftig gehalten und laufen

in langen Ringschmierlagern. Die Walzen werden an den Seiten durch nachstellbare Seitenstücke abgedichtet, damit keine unzerkleinerten Werkstoffe in die Pressen gelangen können. Die Spaltweite bei den Feinwalzwerken ist bis auf ungefähr ½ bis 1 mm einstellbar.

Bei der Ziegelpresse der Weserhütte ist gegenüber alten Bauarten besonders der große weite Einfallrumpf und der kurze zweiteilige Zylinder hervorzuheben. Dieser hat auswechselbare Stahlblecheinlagen. Die Ziegelpressen werden im allgemeinen nur noch mit einfachem Vorgelege gebaut. Das Zahnräderpaar besteht aus Stahlguß, die Zähne sind gefräst, die Zahnräder vollständig eingekapselt und laufen im Ölbad. Das Vorgelege der Presse läuft in Ringschmierlagern. Eine der letzten Neuerungen ist die dreifache Lagerung der Schneckenwelle.

Bei den neueren Abschneideinrichtungen laufen die Wagen nicht mehr auf Rädern, sondern auf Kugeln. Vielfach werden die Abschneideinrichtungen mit Blechschuppenbewässerung bevorzugt, weil die Filzrollen bei stark klebendem Ton oft Störungen verursachen. Von den Fabriken wird vor allem darauf geachtet, die Maschinen kräftig zu bauen, und gleichzeitig den Gang leicht zu halten, so daß nur ein geringer Kraftaufwand erforderlich ist. Um den Verschleiß auf einen Mindestwert herabzudrücken, werden alle stark beanspruchten Teile aus hochwertigen Baustoffen hergestellt.

Zu den neuen Abbaugeräten bei der Tongewinnung ist ein kleiner Eimerketten-Trockenbagger von dem Eisenwerk Weserhütte auf den Markt gebracht worden, der es auch mittleren und kleineren Ziegeleien ermöglicht, ihren Rohstoff maschinell abzugraben. Dieser Bagger wird durch einen 6 PS leistenden Elektromotor angetrieben oder durch einen Rohöl-Dieselmotor von 6 PS Leistung, dessen Brennstoffverbrauch sich auf 220 g/PSh stellt. Unter Berücksichtigung von 45° Eimerkettenneigung gegen die Wagrechte kann die als Hoch- oder als Tiefbagger arbeitende Maschine eine Abtraghöhe oder Baggertiefe von 3 m erreichen, die sich bei 50° Eimerleiterneigung auf 3,5 m steigern läßt. Die rechnerische Leistung des Baggers beträgt 14 m³/h, die wirkliche Stundenleistung im Lehmboden 8 bis 10 m³.

Zur Verladung von Ziegelsteinen finden neuerdings in Ziegeleien auch Gurtförderer Verwendung, die ebenfalls von dem genannten Werk gebaut werden. Bei 400 mm Gurtbreite und 1 m/s Fördergeschwindigkeit können bei eingelaufenem Betriebe 20 000 bis 25 000 Steine in 1 h befördert werden. Natürlich hängt die wirkliche Leistung von der Zahl der Auflader bzw. den übrigen Ladevorrichtungen ab. Die Gurtförderer eignen sich sehr wohl auch zur Beschickung und Entleerung der Brennöfen. Diese Förderer sind fahrbar und in der Förderhöhe verstellbar; sie können vollkommen in die Wagerechte gelegt und mittels eines selbstsperrenden Windwerkes in jede beliebige Schräglage gebracht werden.

Die Gurtförderer werden mit eingebautem Elektromotor geliefert. Der Kraftverbrauch eines Förderers bis zu 10 m Förderlänge beträgt etwa 1,5 PS, bei größeren Förderlängen bis 20 m etwa 2 bis 2,5 PS. Die Ersparnis an Arbeitskräften ist durch diese Gurtförderer recht beträchtlich bei großer Steigerung der Arbeitsleistung.

[B 2438]

Carl Flohr †

Am 30. März 1927 verschied Kommerzienrat Dr.-Ing. E. h. Carl Flohr im 78. Lebensjahre nach einem arbeitsreichen und schöpferischen Berufsleben. In Harsum bei Hildesheim geboren, besuchte er das Gymnasium und danach die Maschinenbauschule in Hildesheim, war hierauf längere Zeit praktisch und im Bureau der Maschinenbauanstalt Bayenthal tätig und studierte 1873 bis 1878 Maschinenbau an der Gewerbeakademie in Berlin, wo er sich dem Verein Hütte anschloß, in dem er ein reges Mitglied war. Nach Beendigung seines Studiums trat Flohr in den Dienst der Kgl. Eisenbahndirektion Berlin, wo er mit dem Entwurf und der Ausführung von Brücken- und Bahnhofsbauten beschäftigt war. Später war er längere Zeit als Abnahme- und Prüfingenieur auf Werken im Rheinland und in Westfalen tätig.

1879 übernahm er die bis dahin in kleinem Umfang betriebene Maschinenfabrik von Th. Lißmann in Berlin, Große Frankfurter Straße, und erweiterte sie im Laufe der Jahre in gemeinsamer Arbeit mit seinem leider bereits im Jahre 1886 verstorbenen Bruder Joseph durch allmähliche Ausdehnung des Aufzugbaus von 25 bis auf etwa 150 Arbeiter. Infolgedessen sah er sich 1888 gezwungen, ein größeres Grundstück zu suchen; er erwarb die damalige Fr. Siegelsche Maschinenfabrik in Berlin, Chausseestr. 35, wo sich die Fabrikation so ausdehnte, daß die Firma bald nacheinander die Fertigstellung des 3000., 4000. und 5000. Fahrstuhles feiern konnte. 1895 vernichtete ein Brand einen großen Teil der Fabrik. Bald jedoch entstanden neue Bauten in erheblich größerer Ausdehnung. Im Jahre 1910 errichtete Flohr noch eine besondere Fabrik in Wittenau mit u. a. einer 230 m langen und 50 m breiten großen Zusammenbauhalle, in der Krane und Eisenkonstruktionen für Kran- und Aufzuganlagen, Tischlerarbeiten für die Aufzugkabinen und Kunstschlosserarbeiten für die Umwehrungen der Aufzüge in neuestem Stil fertiggestellt wurden. Beide Werke bilden seitdem das von dem Verstorbenen geschaffene Werk der Firma Carl Flohr, A.-G., in dem 1800 bis 2000 Angestellte und Arbeiter tätig sind.

Carl Flohr ist der Entwicklung der Technik auf seinem Sondergebiet meist bahnbrechend vorangeschritten. Neben dem Aufzugbau in den einander folgenden Stufen des mittels Transmission und Druckwassers angetriebenen Aufzuges, des elektrisch betriebenen Aufzuges zuerst mit Seilsteuerung, dann mit elektrischer Hebel- und Druckknopfsteuerung, in den letzten Jahren mit Seiltreibscheibe anstatt Seiltrommel, ferner des Umlaufaufzuges, entwickelte sich zeitlich parallel der Kranbau in den verschiedensten Formen und für alle Verwendungszwecke, nach Einführung der Elektrizität Ende der neunziger Jahre im wesentlichen im Sinn elektrisch betriebener Krane. Der im Jahre 1900 auf der Weltausstellung in Paris von Flohr in Betrieb ausgestellte elektrisch betriebene Portalkran für 25 t bei 30 m Spannweite und 16 m Hubhöhe brachte Flohr und seiner Firma hohe Auszeichnungen.

Für die Gestaltung der polizeilichen Bestimmungen über Einrichtung und Betrieb der Aufzüge in bezug auf Sicherheit gegen Unfälle waren die Flohrschen Ausführungen vorbildlich. Der Verstorbene gehörte persönlich zu den Ratgebern der Behörden, auf dessen Urteil Gewicht gelegt wurde.

Die Firma Carl Flohr hat über 30 000 Aufzug- und Krananlagen ausgeführt. Seit etwa 1907 baut die Firma ihre sämtlichen elektrischen Steuer- und Sicherungseinrichtungen selbst, ferner auch Elektromotoren nebst Anlassern usw., und zwar außer für Kran- und Aufzuganlagen auch in weitem Umfang für andre Betriebszwecke. Als neuere bemerkenswerte Ausführungen seien beispielsweise erwähnt: Der elektrische Personenaufzug im Funkturm Berlin-Witzleben mit 120 m Förderhöhe und Treibscheiben-Seilantrieb, zwei elektrische Lokomotiv-Laufkrane für die Schwartzkopff-Werke in Wildau mit je 130 t Tragkraft bei 25 m Spannweite, 33 elektrische Hafenkrane für Stückgut und Greiferbetrieb im Westhafen Berlin, sechs elektrische Fahrtreppen im Warenhaus A. Wertheim, Berlin, Leipziger Straße. Die Technische Hochschule Darmstadt verlieh Carl Flohr ehrenhalber die Würde eines Doktor-Ingenieurs. Der Verstorbene gehörte seit 1882 dem Verein deutscher Ingenieure an, in dessen Berliner Bezirksverein er auch zeitweilig als Mitglied des Vorstandes und Vorstandsrates tätig war.

[P 424]

Die Wasserrückkühlung in Kraftfahrzeugen

Von L. Richter, Wien

Darstellung der Betriebseigenschaften von Lüftern durch Artschaubilder — Grundgleichungen für das Zusammenarbeiten des Motors, Kühlers und Ventilators — Berechnung des Uebersetzungsverhältnisses und der Antriebleistung eines Lüfters im Kraftwagen — Prüfung des Verfahrens — Weitere Anwendungen

Die folgenden Untersuchungen ergänzen meine früheren rbeiten[1]) über Kühler und sollen die Beurteilung und den ntwurf der Wasserrückkühlung in Kraftfahrzeugen erichtern sowie als Grundlage für Versuche dienen.

Die Betriebseigenschaften der Lüfter

Aus den von Berlowitz[2]) vorgeschlagenen Arthaubildern von Lüftern ergeben sich die geförderte Gasenge V (m³/s) mit der Dichte ϱ, der Unterschied der Geamtdrücke hinter und vor dem Lüfter $p_2 - p_1$ (mm W.-S.), er Leistungsbedarf L (mkg/s) und der Wirkungsgrad η urch die Gleichungen (1) bis (4); diese gelten bis einer gewissen (kritischen) Drehzahl, die von Bauart nd Zahl der Flügel (sie nimmt mit zunehmender Flügelahl ab), dem Druck und dem spezifischen Gewicht des georderten Gases abhängt und durch Versuche bestimmt weren muß. Im Betriebe darf diese Drehzahl nicht erreicht erden, wenn der Lüfter wirken soll; im folgenden wird aher nur der normale Betriebzustand berücksichtigt.

$$V = \varphi_L F_L u \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

$$p_2 - p_1 = \frac{\psi u^2 \varrho}{2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

$$L = \frac{\lambda_L F_L u^3 \varrho}{2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

$$\eta = \frac{\varphi_L \psi}{\lambda_L} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4).$$

Für frei ausblasende Schraubenlüfter mit dem Außenurchmesser D (m) ist

$$F_L = \frac{D^2 \pi}{4},$$

r Gehäuselüfter ist F_L gleich dem Ausblasquerschnitt. (m/s) ist die Umfangsgeschwindigkeit des Kreiselrades. ie Lieferzahl φ_L, die Druckzahl ψ und die Leistungshl λ_L (alle dimensionslos) hängen untereinander und mit durch Gl. (4) und mit

$$= \frac{\text{Dynamischer Druck in der Ausblasöffnung}}{\text{Druckunterschied hinter und vor dem Lüfter}} = \frac{\left(\frac{V}{F_L}\right)^2 \frac{\varrho}{2}}{2\,(p_2 - p_1)} \quad (5)$$

ırch

$$\sigma \psi = \varphi_L{}^2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

ısammen.

Demnach kann man alle Betriebseigenschaften des Lüfrs ableiten, wenn zwei von den vier dimensionslosen rößen, z. B. λ_L und ψ, als Funktionen von σ bekannt sind, bb. 1. Sie können aber auch aus gemessenen Größen mitls Gl. (1) bis (4) berechnet werden.

Bei Lüftern in Kraftfahrzeugen kann durch den Fahrind $\sigma > 1$, aber auch $p_1 > p_2$ (beide als absolute Drücke ımer positiv), also auch $\sigma < 0$ werden. Da immer $\varphi_L > 0$ t, so wird dann $\psi < 0$ und $\lambda_L < 0$, d. h. das Flügelrad beitet als Windmotor. Wie sich auch aus Gl. (4) ergibt, t immer $0 \leqq \eta \leqq 1$, jedoch

$$\eta_1 = \frac{L_1}{V\,(p_1 - p_2)} = \frac{\lambda_L}{\varphi_L \psi} \quad \ldots \ldots \quad (7),$$

dem das Rad die Leistung L_1 abgibt.

Der Lüfter im Kraftfahrzeug

Die bei Kraftwagen häufigste Anordnung, Abb. 2, bei r ein Schraubenlüfter durch den Stirnkühler ansaugt und gen den Motor ausbläst und von diesem mit unveränderher Übersetzung $\frac{n_L}{n_M}$ angetrieben wird, ist ein Beispiel r den allgemeinsten Fall des Zusammenarbeitens von otor, Kühler und Ventilator, da die Luftgeschwindigkeit r dem Kühler senkrecht zu dessen Stirnfläche und relativ m Wagen w_f (m/s), die vom Motor auf das Kühlwasser ertragene Wärme Q_M (kcal/h), die Ventilatordrehzahl n_L d, wenn eine Kühlwasserpumpe vorhanden ist, auch die mlaufgeschwindigkeit des Kühlwassers von der Motordrehzahl n_M abhängen. Auf den kurzen Lufttrichter zwischen Kühler und Ventilator wird meist verzichtet, so daß der Lüfter nicht nur durch den Kühler, sondern auch an seiner Hinterseite vorbei ansaugt.

[1]) Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 5 (1925) S. 293, Bd. 6 (1926) S. 313, Bd. 70 (1926) S. 366.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 36, Regeln für Leistungsversuche an Ventilaren und Kompressoren, Berlin 1925, S. 20.

Abb. 1
Schaubild eines Blattflügellüfters
φ_L Lieferzahl
ψ Druckzahl
λ Leistungszahl

Bei einem statischen Luftdruck p_0 (mm W.-S.) in einem Abstand vor dem Kühler, wo weder der Lüfter, noch der Staudruck wirkt, sowie bei einer Abströmgeschwindigkeit w_h gegenüber dem Wagen und einem statischen Druck p_h hinter dem Lüfter lautet die Energiegleichung

$$\left.\begin{aligned} & V_1\left(p_0 + \frac{w_f{}^2 \varrho_f}{2}\right) + V_2 p_0 + \eta L \\ & = V_1 r_1 + V_2 r_2 + (V_1 + V_2) r_3 + (V_1 + V_2)\left(p_h + \frac{w_h{}^2 \varrho_h}{2}\right) \end{aligned}\right\} \quad (8);$$

V_1 und V_2 sind die durch den Kühler und durch den Spalt zwischen ihm und dem Ventilator angesaugten Luftmengen (m³/s), r_1 und r_2 (mm W.-S.) die Strömungsverluste der getrennten Luftströme, r_3 die Verluste infolge und nach der Vereinigung. Diese Grundgleichung gibt eine Übersicht der Energieverteilung und gestattet, die Richtigkeit der Rechnung nachzuprüfen.

Abb. 2
Anordnung des Lüfters im Kraftwagen

w_f Luftgeschwindigkeit vor dem Kühler senkrecht zu seiner Stirnfläche w_h Abströmgeschwindigkeit p_1 Druck vor dem Lüfter p_2 Druck hinter dem Lüfter p_0, p_h statischer Luftdruck

Der Gang der Berechnung ist im allgemeinen folgender: Aus der Kühlwasserwärme des Motors bestimmt man unter Schätzung der von den Leitungen und vom Kühlmantel abgeführten Wärme die nötige Kühlleistung des Kühlerblockes Q_k (kcal/h) und daraus durch Rechnung[3]) oder Versuch die erforderliche Luftgeschwindigkeit im Kühler w_i (m/s), woraus sich die durchzusaugende Luftmenge V_1 und der gesamte Verlust bei dem Durchgang durch den Kühler r_1 ergibt. Die „falsche" Luft V_2, die durch den Spalt zwischen Kühler und Ventilator eindringt, wenn der Lufttrichter fehlt, läßt sich mit ihrer Geschwindigkeit w_1 unmittelbar vor dem Lüfter, der Geschwindigkeit w_{sp} im Spalt von der Fläche F_2 (m²), dem zugehörigen Strömungsverlust r_2 sowie der Kontraktionszahl μ aus

$$V_2 = \mu F_2 w_{sp},$$

$$p_0 + \frac{w_f^2 \varrho_f}{2} = r_1 + p_1 + \frac{w_1^2 \varrho_1'}{2}$$

und

$$p_0 = \frac{w_{sp}^2 \varrho_2'}{2} + r_2 + p_1 + \frac{w_1^2 \varrho_2'}{2}$$

als

$$V_2 = \mu F_2 \sqrt{\frac{2(r_1 - r)}{\varrho_f} - w_f^2} \quad . \; . \; . \; . \quad (9)$$

finden, wenn man angenähert $\varrho_1' \sim \varrho_2' \sim \varrho_f$ setzt.

Reicht der Lufttrichter über den Ventilator, so wird $V_2 = 0$.

Der Lüfter hat die Luftmenge

$$V_1 + V_2 = V \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

zu fördern. Für die Berechnung der Abströmgeschwindigkeit

$$w_h = w_f + w \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (11)$$

vom Lüfter nach vollzogenem Druckausgleich ($p_h = p_0$) eignen sich die Prandtl-Bendemannschen Ansätze[4]) für ein ideales Flügelrad mit drehungsfreiem Schraubenstrahl. Ist w' die Durchflußgeschwindigkeit in der Fläche des sehr dünnen Flügelrades, in der der Drucksprung $p'' - p'$ erzeugt wird, Abb. 3, so ergibt die Bernoullische Gleichung für den vorderen und den hinteren Teil der zugehörigen Stromlinie mit den Druckverlusten r_1 und r_h vor und hinter dem Rad und bei unveränderlich angenommener Luftdichte

$$p_0 + \frac{w_f^2 \varrho}{2} = p' + \frac{w'^2 \varrho}{2} + r_1$$

$$p'' + \frac{w'^2 \varrho}{2} = p_0 + \frac{w_h^2 \varrho}{2} + r_h$$

und durch Abziehen und Einsetzen von $r = r_1 + r_h$ sowie Gl. (11)

$$p'' = p' = \varrho \left(w_f + \frac{w}{2}\right) w + r \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (12).$$

Wendet man nun zweimal den Impulssatz an, indem man einmal die Kontrollflächen dicht vor und hinter den Drucksprung legt, das zweite Mal sie durch die Stromlinien bildet, die durch den Umfang des Rades treten, sowie durch je eine Abschlußfläche vor dem Kühler im ungestörten Strömungsfeld und hinter dem Rad, wo der Druckausgleich schon vollzogen ist, so erhält man als äußere Kräfte in dem einen Fall den Schub des Rades

$$S = F_L (p'' - p') \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (13),$$

im zweiten unter Berücksichtigung von Gl. (10) und der Strömungswiderstände parallel zur Lüfterachse vor und hinter dem Rad $R = R' + R''$

$$\frac{S - R}{\varrho} = V(w_f + w) - V_1 w_f = V w + V_2 w_f \quad . \; . \quad (14).$$

Die von V_2 herrührenden Rückwirkungen heben sich auf, weil durch den Ringspalt die Luft radial einströmt.

Mit Gl. (12), (13) und (14) wird

$$V = F_L \left(w_f + \frac{w}{2}\right) + \frac{F_L r - R}{w \varrho} - \frac{V_2 w_f}{w}$$

und

$$w = \frac{V - F_L w_f \pm \sqrt{(V - F_L w_f)^2 + 2 F_L \left(\frac{R - F_L r}{\varrho} + V_2 w_f\right)}}{F_L} \quad (15),$$

[3]) s. Fußnote 1.

[4]) Techn. Berichte der Flugzeugmeisterei Bd. 3 (1918) S. 73, 78.

woraus sich mit Gl. (11) die gesuchte Abströmgeschwindig[keit] w_h ergibt. Die Wurzel ist positiv zu nehmen, m[it] dem negativen Vorzeichen ergäbe sich ein negativer, als bedeutungsloser Wert für w.

Aus

$$p_1 = p_0 + \frac{w_f^2 \varrho}{2} - r_1 \text{ und } p_2 = p_0 + \frac{w_h^2 \varrho}{2} + r_h$$

erhält man

$$p_2 - p_1 = \left(w_f + \frac{w}{2}\right) w \varrho + r = \frac{(2 w_f + w) w}{2} + r \quad (16)$$

übereinstimmend mit Gl. (12) und kann nun σ nach Gl. (5) berechnen.

Aus Abb. 1 entnimmt man den zugehörigen Wert vo[n] φ und kann aus Gl. (1) die Umfangsgeschwindigkeit [u] die Drehzahl des Lüfters

$$n = \frac{60 u}{\pi D} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (17)$$

und die erforderliche Übersetzung $\frac{n_L}{n_M}$ bestimmen.

Hat der Lüfter einen vom Motor unabhängigen Antrie[b] und regelbare Drehzahl, ist die Luftmenge unabhängig vo[n] der Fahr- oder Windgeschwindigkeit oder ist „falsche" Lu[ft] ausgeschlossen, so ist die Übersicht infolge der verringerte[n] Zahl der Veränderlichen leichter.

Beispiel

Für einen Kraftwagen seien das Drehmoment M_M un[d] die an das Kühlwasser abgegebene Wärme Q_M des Motor[s] abhängig von der Drehzahl des Lüfters im ersten Quadran[-] ten von Abb. 4, die Artschaulinien des Lüfters ($D = 0{,}43$ m mit Blattflügeln[5]) durch Abb. 1 und die Kühlleistung de[s] Kühlers Q_K (Block-Stirnfläche $F_{St} = 0{,}28$ m² mit 5200 qua[-] dratischen Luftröhrchen von $l = 0{,}1$ m Länge und $d = 6$ m[m] innerer Kantenlänge, demnach der Luftdurchlässigkei[t] $\varphi_i = 0{,}667$ und der luftberührten Kühlfläche von 12,5 m[²] für eine Lufteintrittstemperatur $t_{LE} = 20$ °C und verschie[-] dene Kühlwasser-Eintrittstemperaturen t_{WE} abhängig vo[n] der Luftgeschwindigkeit in den Röhrchen w_i (m/s) i[m] zweiten Quadranten von Abb. 4 dargestellt. Dabei wurd[e] die Kühlwirkung unter der Annahme einer unveränder[t] durchlaufenden Wassermenge von 2800 kg/h berechnet.

Für die folgende Rechnung ist als ungünstigster Fa[ll] die Bergfahrt des Wagens mit Vollgas und kleinster Über[-] setzung (1. Gang) bei Windstille angenommen; dabei en[t-] spricht der Motordrehzahl $n_M = 1000$ Uml./min eine Fahrge[-] schwindigkeit (relative Luftgeschwindigkeit vor dem Küh[-] ler) $w_f = 1{,}35$ m/s. Bei Fahrt mit Gegenwind wird di[e] Kühlwirkung besser; Sicherheit für den Fall von Rücke[n-] wind und höherer Lufttemperatur bietet die zusätzliche Wi[r-] kung des Kühlermantels und der Rohrleitung vom Mot[or] zum Kühler.

Probeweise wird ausgegangen von der Motordrehzah[l] $n_M = 1560$ Uml./min, die dem größten Motordrehmomen[t] $M_M = 13{,}25$ mkg entspricht, die zur Ableitung der en[t-] sprechenden Kühlwasserwärme $Q_M = 30\,500$ kcal/h nötig[e]

[5]) Im Kraftwagenbau wird dem Entwurf der Lüfter noch wen[ig] Beachtung geschenkt. Nur bei wenigen Wagen findet man gut en[t-] entworfene Lüfter mit Tragflächen-Flügeln. Im Bereich $\sigma > 1$ und $\sigma <$ [...] von Abb. 1 ist der Verlauf der Schaulinien nur angenommen, da Ve[r-] suche fehlen. Der zulässige Durchmesser des Lüfters ist meist dur[ch] die Einbaubedingungen begrenzt.

Abb. 3
Strömung durch Kühler und Lüfter

w' Durchflußgeschwindigkeit in der Fläche des sehr dünnen Flügelrades p' Druck vor dem Flügelrad p'' Druck hinter dem Flügelrad

Abb. 4
Bestimmung der Drehzahl, Uebersetzung und Leistung des Lüfters
M_M Drehmoment des Motors Q_M an das Kühlwasser abgegebene Wärme des Motors Q_K Kühlleistung des Kühlers t_{LE} Lufteintrittstemperatur t_{WE} Kühlwassereintrittstemperatur w_i Luftgeschwindigkeit in den Röhrchen n_M Motordrehzahl n_L Lüfterdrehzahl N_L Leistung des Lüfters

entilatordrehzahl n_L berechnet und untersucht, ob die ntsprechende Übersetzung $\frac{n_L}{n_M}$ für alle Betriebzustände enügt.

Bei $t_{WE} - t_{LE} = 80\,°C$ entspricht der Kühlwasserwärme $_M = Q_K = 30\,500$ kcal/h nach Abb. 4 die Geschwindigkeit $_i = 6{,}7$ m/s und die Luftmenge $V_1 = \varphi_i\, F_{St}\, w_i = 1{,}251$ m³/s. er w_i entsprechende Strömungsverlust im Kühler $r_1 =$ .23 mm W.-S. wird berechnet (siehe Fußnote 1). Für en 1 cm breiten Luftspalt wird der Verlust $r_2 = 0$ ngenommen, die Kontraktionszahl $\varphi = 1$ geschätzt und amit $V_2 = 0{,}095$ nach Gl. (9) und $V = V_1 + V_2 = 1{,}35$ m³/s erechnet. Bei kleinem Luftspalt haben Ungenauigkeiten in er Schätzung von r_2 und φ wenig Einfluß auf die Rechung, da $V_2 \ll V_1$. Der gesamte Luftwiderstand des Kührs $R = F_{St}\, r_1 = 0{,}95$ kg, die übrigen Widerstände, besonders n Abstrom, sind dagegen klein und sollen vernachlässigt erden. Dann sind auch $r = r_1$ und alle Größen zur Berechung von w, $p_2 - p_1$ aus Gl. (15), (16) und (5) gegeben. ür den gefundenen Wert $\sigma = 0{,}202$ ist $\varphi_L = 0{,}188$ aus bb. 1 zu entnehmen und $n_L = 2215$ Uml./min sowie $\frac{n_L}{n_M} =$ 420 aus Gl. (1) und (17) zu berechnen.

Die Leistung $L_L = 91{,}5$ mkg/s ($N_e = 1{,}22$ PS) für den ntrieb des Lüfters wird aus Gl. (3) bestimmt und hierzu $_L = 0{,}087$ aus Abb. 1 mit $\sigma = 0{,}202$ entnommen. In Abb. 4 nd die zusammengehörigen Punkte durch den strichpunkerten Linienzug verbunden.

Trägt man die in gleicher Weise berechneten Übertzungen $\frac{n_L}{n_M}$ für weitere Drehzahlen des Motors und assereintrittstemperaturen über w_i auf, so erhält man das ild im dritten Quadranten von Abb. 4. Darin sind die zu eichen Motordrehzahlen gehörigen Werte der Übersetzung irch Linien verbunden. Für gegebene Übersetzungen inn man die entsprechenden Wasser-Höchsttemperaturen $_{VE}$ interpolieren; der jeweilige Wärmezustand der Kühlnrichtung ist somit vollständig bestimmbar, wenn für le Schaltstufen des Getriebes die zugehörigen Schaubilder tworfen sind.

Der vierte Quadrant von Abb. 4 zeigt die Antrieblistungen und Drehzahlen des Ventilators abhängig von r Motordrehzahl für $t_{WE} - t_{LE} = 80$, 60 und 40 °C mit den 1 dritten Quadranten dargestellten veränderlichen Übertzungen. Für $t_{WE} - t_{LE} = 80\,°C$ ist die größte Übersetzung $\frac{n_L}{n_M}$ ungefähr bei der dem größten Drehmoment entsprechenn Motordrehzahl notwendig; mit kleiner werdendem mperaturunterschied rückt die größte notwendige Übertzung in den Bereich höherer Motordrehzahlen. Bei den lichen Wagen dürfte es aber genügen, wenn man mit $t_{WE} - t_{LE} = 80\,°C$ und der dem größten Motordrehmoment entsprechenden Motordrehzahl rechnet, weil nur außerordentlich selten hohe Lufttemperaturen und längere Steigungen, die an der Leistungsgrenze des niedrigsten Ganges liegen, gleichzeitig auftreten.

Die Probe nach Gl. (8) ergibt mit $\eta = 0{,}37$ aus Abb. 1 für $n_M = 1560$ Uml./min für die linke Seite der Gleichung 34,14, für die rechte 34,56 mkg, also gute Übereinstimmung.

Den Einfluß des Luftspaltes und des Lüfterdurchmessers auf das Übersetzungsverhältnis $\frac{n_L}{n_M}$ und die Leistung N_L des Lüfters zeigen für den gleichen Motor und Kühler bei $n_M = 1560$ Uml./min und $t_{WE} - t_{LE} = 80\,°C$ Abb. 5 und 6. Der Lüfterdurchmesser muß möglichst groß gewählt werden, weil die für eine bestimmte Kühlleistung erforderliche Lüfterdrehzahl nahezu umgekehrt proportional seiner dritten Potenz, die Antriebleistung ungefähr proportional seiner vierten Potenz ist.

Nachprüfung des Verfahrens

Nach dem beschriebenen Rechnungsgang gewinnt man einen Überblick über Kühlvorgänge, der in vielen Fällen ermöglicht, Entscheidungen ohne langwierige Versuche an fertigen Kraftfahrzeugen zu treffen. Wie weit die Ergebnisse auch zahlenmäßig mit der Wirklichkeit übereinstimmen, können aber doch nur Versuche zeigen. Zur Erleichterung dieser Versuche sei die Rechnung noch auf die Sicherheit ihrer Grundlagen hin geprüft.

Die Kennlinien des Motors und Kühlers im freien gleichmäßigen Luftstrom und das Artschaubild des Lüfters mit den Drehzahlen, bis zu denen es verläßlich ist, müssen berechnet oder durch Versuch bestimmt werden. Die Luftgeschwindigkeit im Kühler ist bei Kraftwagen aber nicht an allen Stellen gleich, sondern im allgemeinen am Rande des Kühlers kleiner. Die wirkliche Kühlleistung ist daher etwas kleiner als die mit dem arithmetischen Mittel der Geschwindigkeiten $\frac{V_1}{F_{St}\,\varphi_i}$ berechnete; dagegen ist der wirkliche mittlere Strömungsverlust r_1 größer als der aus dem arithmetischen Mittel der Geschwindigkeiten gefundene. Die Fehler, die durch das Einsetzen des arithmetischen Mittelwertes der Geschwindigkeiten entstehen, hängen von der Verteilung der Geschwindigkeiten über den Kühlerblock ab; diese kann für kennzeichnende Anordnungen durch Versuche bestimmt, für ähnliche dann ohne wesentlichen Fehler geschätzt werden.

Die endliche Flügelzahl des Ventilators bedingt Abweichungen von der in der Rechnung vorausgesetzten gleichförmigen Geschwindigkeit in den Röhrchen; diese

Abb. 5
Einfluß der Breite des Luftspaltes auf Lüfterleistung N_L und Drehzahlverhältnis $\frac{n_L}{n_M}$
Lüfterdurchmesser 0,43 m
$n_M = 1560$ Uml./min
$t_{WE} - t_{LE} = 80\,°C$

Abb. 6
Einfluß des Lüfterdurchmessers D_m auf Lüfterleistung N_L und Drehzahlverhältnis $\frac{n_L}{n_M}$
Spaltbreite = 0
$Q_M = 30\,500$ kcal/h
$w_i = 2{,}105$ m/s

$w_i = 6{,}7$ m/s

Abweichungen werden mit zunehmendem Abstand des Lüfters von dem Kühler geringer und bedingen im Vergleich mit der Rechnung eine kleinere Kühlleistung und größere Strömungsverluste.

Die vorgeschlagene Berechnung der Strömungswiderstände r_1 dürfte dagegen, wie der Vergleich mit den Versuchen v. Doblhoffs[6]) zeigt, hinreichend genau sein. V_2 ist in den meisten Fällen verhältnismäßig klein, so daß Fehler in der Schätzung der Kontraktionszahl und die Vernachlässigung der Strömungswiderstände r_2 wenig Einfluß haben. Ob die Widerstände im Abstrom vernachlässigt werden dürfen, hängt von der Art des Zusammenbaues ab; bei Kraftwagen sind sie meist klein gegenüber den Widerständen vor dem Lüfter, in andern Fällen muß man sie berechnen oder nach Versuchen schätzen.

Der Anteil des Abstromes am Druckgefälle $p_2 - p_1$, Gl. (16), übersteigt meist weitaus den der Strömungswiderstände. Die Richtigkeit der Berechnung hängt daher davon ab, ob und in welchem Grade die einfache Schraubenstrahltheorie die Energieverteilung richtig wiedergibt, wie sich der Strahl ausbildet und wie sich vor allem die Geschwindigkeiten über den Querschnitt des Strahles verteilen. Dies müßte durch Versuche an Flügelrädern der bei Axiallüftern üblichen Ausführung entschieden werden, weil auch die erweiterte Strahltheorie keine genügende Sicherheit für die Übereinstimmung mit der Wirklichkeit verspricht. Dabei wäre besonders der Kontraktion mit und ohne Einbauten hinter dem Lüfter (Motor, Motorhaube, Spritzwand) Aufmerksamkeit zu schenken. Für das oben berechnete Beispiel scheint die Probe nach Gl. (8) jedoch die Verwendbarkeit der Ansätze zu beweisen.

[6]) Vergl. Fußnote 1.

Weitere Anwendungen

In vielen Fällen, wo die Verhältnisse einfacher liege als in dem oben behandelten Beispiel, ist auch eine gute Über einstimmung der Rechnung mit der Wirklichkeit zu erwarten

Wird der Fahrwind nicht zur Unterstützung der Küh lung herangezogen und läuft der Motor mit veränderliche Drehzahl, die von den Fahrwiderständen abhängt, währen er den Lüfter mit fester Übersetzung antreibt, so kann ma diese mit $w_f = 0$ und sonst wie in dem behandelten Bei spiel für den ungünstigsten Fall berechnen.

Ändert sich auch die Motordrehzahl nur in engen Gren zen oder wird der Lüfter von einer Hilfsmaschine mit un veränderlicher oder regelbarer Drehzahl angetrieben, s braucht seine größte Drehzahl nur für die größte abzu führende Wärmemenge bestimmt zu werden. In einzelne Fällen wird es wirtschaftlich sein, durch Regeln der Dreh zahl des Lüfters die Kühlleistung den Temperaturverhält nissen anzupassen.

Bei Verwendung von Radiallüftern ist zumeist kei Luftspalt vorhanden, also $V_2 = 0$ zu setzen.

Wird die Abluft nicht frei ausgeblasen, so wird di Ausbildung des Strahles hinter dem Lüfter nur durch di Bauart des Gehäuses bedingt. Die Strömungsverluste hinte dem Lüfter und die Ausblasgeschwindigkeit kann man aus de geförderten Luftmenge und den Rohrquerschnitten berechnen

Hat die Luft einen geschlossenen Kreislauf (z. B. be elektrischen Stromerzeugern mit Luftrückkühlung), so ent fallen die Ausblasverluste.

Größe und Bauart des Kühlers wählt man, je nachde es auf Größe, Gewicht und Kosten oder auf die Leistun für die Luftumwälzung oder auf beide Forderungen gleich zeitig ankommt, zwischen denen ein Ausgleich geschaffe werden muß. [M 1868]

Schaltbilder im Wärmekraftbetrieb

Von Dr.-Ing. W. Stender, Siemensstadt

Die neuzeitliche Entwicklung der Wärmekraftanlagen mit den hohen Kesseldrücken, der Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf, Verdampferanlagen, Speichern usw. hat dazu geführt, daß das Wort allein nicht mehr ausreicht, um die Wirkungsweise einer Anlage zu beschreiben. Ein kürzeres Ausdrucksmittel bietet die Sprache des Ingenieurs, die bildliche Darstellung. Wenn einmal zu diesem Mittel gegriffen wird, so sollte es auch so angewandt werden, daß das Bild ohne Beschreibung verständlich ist.

Im allgemeinen sind aber solche Bilder Zusammenstellungen der Maschinen, Kessel und Geräte und Rohrleitungen, die mehr oder weniger ausführlich oder auch leicht schematisiert im Schnitt oder in Ansicht dargestellt werden. Oft nimmt die Darstellung auch Rücksicht auf die räumliche Anordnung der Teile in der Wirklichkeit. Die Anfertigung solcher Zusammenstellungen erfordert große zeichnerische Arbeit; dennoch macht es dem uneingeweihten Leser große Mühe, sich in dem Wirrwarr der Linien schnell zurechtzufinden, auch wenn er sich an der Hand der zumeist beigefügten Beschriftungen unterrichten kann.

Verbesserung in dieser Hinsicht kann erreicht werden, wenn man die bildliche Darstellung von der wirklichen Anordnung vollkommen loslöst und die Einzelteile nach einem strengen Plan durch Zeichen darstellt, ähnlich wie man es in der Elektrotechnik längst durchgeführt und wie es Dr. Ruths in seinen Schaltbildern für Ruths-Speicher[1]) auch auf dem Gebiete der Dampftechnik eingeleitet hat. Voraussetzung für die Eindeutigkeit und leichte Lesbarkeit eines solchen Schaltungsbildes sind einfache und deutlich unterscheidbare Zeichen für die mannigfaltigen Gegenstände, die dargestellt werden müssen. In der Wärmetechnik sind die Ansätze für solche Zeichen nur spärlich vorhanden, so daß sich hier eine selten günstige Gelegenheit bietet, ohne Änderung des Altgewohnten etwas Neues folgerichtig zu entwickeln.

Wie sich ein Schaltungsbild unter Verwendung der hier vorgeschlagenen Zeichen darstellt und welche Vorzüge es gegenüber einem Schaltungsbild nach älterer Darstellungsweise bietet, lehrt ein Vergleich von Abb. 1 und 2. Die Bilder zeigen die Anordnung des Crawford-Avenue-Kraftwerks in Chicago, das ältere Bild, Abb. 1, ist in Z. Bd. 70 (1926) S. 1010 veröffentlicht worden. Zunächst werden bei der neuen Art der Darstellung die Rohrleitungen unterschieden nach dem Stoff, den sie führen, Dampf, Kondensat, Wasse und Luft, s. Abb. 3. Ferner werden Wärmeumforme durch ein Quadrat, Abb. 4, und Wärmeverbraucher durc einen Kreis, Abb. 5, dargestellt. Zu den Wärmeumformer zählen alle Vorrichtungen, die keine Wärme verbrauchen sondern sie aus einem Stoff in den andern überführen, wi Dampfkessel, Vorwärmer, Dampfsättiger usw.; zu de Wärmeverbrauchern zählen Koch- und Heizgeräte der Fabri kation, Raumheizkörper, Kondensatoren der Dampfmaschine und schließlich Stromerzeuger. Durch verschiedenartig Wandlungen dieser Grundzeichen kann man die einzelne Vorrichtungen noch näher kennzeichnen.

Als Zeichen der Kraftmaschine ist ein für allemal da für Dampfturbinen bereits eingeführte Zeichen des ab gestumpften Kegels, s. Abb. 2 (u, v, w), festgelegt; in diesen Kegel wird, wenn die Kraftmaschine keine Dampfturbine sondern eine Kolbenmaschine sein soll, ein K eingetragen Hilfsvorrichtungen werden kleiner gezeichnet als Wärme umformer und Wärmeverbraucher usw. Hierzu gehören die Absperrteile, die durch Doppeldreiecke, und die Be triebspumpen, die als Kreise dargestellt werden.

Als Zeichen des Stromerzeugers wird das in der Elek trotechnik übliche Zeichen benutzt, wobei aber das Zeichen für die Erregung weggelassen wird. Auch die Bezeich nung der Kabel ist der Elektrotechnik entnommen.

Das Bild wird derart angeordnet, daß die wage rechten Linien gleichen Wärmeinhalt des Stoffes angeben und der Wärmeinhalt von oben nach unten abnimmt. Des halb erscheinen Leitungen, die Dampf von gleichem Druck aber von höherer Temperatur führen, über den Leitungen von niedrigerer Temperatur. In Verfolg dieses Grundsatzes findet sich der Kondensator der Kraftmaschinen stets an der tiefsten Stelle des Schaltungsbildes. Der Kreislauf de Betriebsmittels geht im Sinne des Uhrzeigers, so daß de Kessel in der oberen Ecke links, der Kondensator unten rechts erscheint.

Verfolgt man nun die dicken Linien, die Dampf leitungen andeuten, abwärts, so erkennt man, daß de Frischdampf von 39,8 at abs und 400 ° über einen Geschwin digkeitsregler einer Hochdruckturbine u von 15 000 kW zu geteilt wird. Der Dampf verläßt diese Maschine mi 8,1 at abs, wird in dem Zwischenüberhitzer r überhitz und tritt in die Mitteldruckturbine v von 29 000 kW. Diese Maschine wird bei 1,4 at abs und bei 1,05 at abs angezapft Ihr Abdampf hat 0,352 at abs und wird von der Nieder druckturbine w von 6000 kW bis auf Kondensatorspannung verarbeitet. Da hier der Dampf kondensiert, tritt das Ar beitsmittel als Kondensat (dick gestrichelt) aus dem Kon densator aus und gelangt über einen Oberflächenvorwär

[1]) Z. Bd. 66 (1922) S. 600.

Abb. 1 und 2
Crawford-Avenue-Werk, Chikago. Vorschaltmaschine, Zwischenüberhitzer, Hauptmaschine mit dreifacher Anzapfung, Abdampfmaschine

a Kondensator
a_1 Dampfstrahlpumpe, 1. Stufe
a_2 „ 2. Stufe
b Kühler für das Vorwärmerkondensat (bildet die erste Stufe der Vorwärmung, das gekühlte Kondensat geht in den Hauptkondensator)
c Niederdruck - Anzapfdampfvorwärmer der Zusatzpumpenturbine
d Zusatzvorwärmer
e Mitteldruck-Anzapfdampfvorwärmer
f Hochdruck-Anzapfdampfvorwärmer
g Ablaßventil für Kondensatüberschuß
h Ventil für Zusatzwasser
i Oberflächenvorwärmer
k_1 k_2 k_3 Drosselventil der Vorwärmerkondensatleitung
l Speisepumpe von Motor angetrieben
m Zusatzpumpe mit Dampfturbinenantrieb
n Aushilfsspeisepumpe mit Dampfturbinenantrieb
o Kondensatpumpe von Motor angetrieben
p Ueberhitzer
q Kessel
r Zwischenüberhitzer
s Rauchgas-Speisewasservorwärmer
t Luftvorwärmer
u Hochdruckturbine
v Mitteldruckturbine
w Niederdruckturbine
x Speisewassersammler
y Abdampf aus Zusatz-Pumpenturbine

a Dampf
b Kondensat
c Wasser
d Luft

Abb. 3
Rohrleitungen

Abb. 4
Wärmeumformer

Abb. 5
Wärmeverbraucher

ner *i* zur Kondensatpumpe *o*. Von hier ab ist die Leitung für das Kondensat als Kesselspeisewasser mit einem dünnen Strich bezeichnet. Das Wasser fließt über fünf Vorwärmer *b, c, d, e, f* schließlich in den Rauchgasvorwärmer *s* und von diesem in den Kessel *q*, der mit einem Lufterwärmer *t* ausgerüstet ist; hier wird das Speisewasser in Dampf verwandelt, der in dem Überhitzer *p* auf 400 °C überhitzt wird.

Der Weg des Speisewassers beginnt an der Kondensatpumpe *o*. Das Speisewasser tritt zunächst in einen Kühler *b* für das Vorwärmkondensat, worin es die Wärme des Kondensats aus den Vorwärmern *c, d, e, f* aufnimmt, dann in den ersten Dampfvorwärmer *c*; dahinter wird es von der Speisepumpe *m* durch die Vorwärmer *d* und *e* gedrückt und schließlich von der Speisepumpe *l* über den vierten Vorwärmer *f* und den Rauchgasvorwärmer *s* in den Kessel gefördert.

Auch der Weg des Kondensats aus den Dampfvorwärmern ist vollkommen klar zu erkennen. Das Kondensat aus dem vierten Vorwärmer *f* gelangt über einen Kondenstopf k_1 in den dritten Vorwärmer *e* und fließt im Verein mit dem hier anfallenden Kondensat über den Kondenstopf k_2 in den ersten Vorwärmer *c* ab. In diesen Vorwärmer gelangt auch das Kondensat aus dem zweiten Vorwärmer *d* über den Kondenstopf k_3; vereint mit dem Kondensat aus *e* und *f* fließt dann das Wasser in den bereits erwähnten Kühler *b* für das Vorwärmerkondensat, wo es durch das Speisewasser abgekühlt wird, bevor es zum Kondensator fließt. Unterwegs tritt noch das Kondensat aus der ersten Stufe der Dampfstrahlpumpe a_1 hinzu.

Schließlich sind auch der Weg und die Mittel der Entlüftung des Speisewassers dargestellt. Die Luft wird aus dem Kondensator durch eine zweistufige Dampfstrahlpumpe (a_1, a_2) abgesaugt, wozu Dampf von einer im Ursprungsbild, Abb. 1, und in der Beschreibung nicht erkennbaren Herkunft verwendet wird. Das Dampfluftgemisch der ersten Stufe a_1 wird im Oberflächenvorwärmer *i* abgekühlt, das Kondensat des Arbeitsdampfes läuft zum Kondensator ab, während die Luft von der zweiten Stufe der Dampfstrahlpumpe a_2 auf 1,05 at abs verdichtet wird. Das Dampfluftgemisch der zweiten Stufe wird im Speisewasservorwärmer *d* gekühlt, von wo aus die Luft ins Freie entweichen kann. In die Leitung der zweiten Anzapfstufe der Mitteldruckturbine gelangt auch der Abdampf einer Zusatzpumpen-Dampfturbine.

Zum Ausgleich von Anfall und Verbrauch an Speisewasser dient der Speisewassersammler *x*, der, gesteuert durch einen Druckstoß aus der Leitung zwischen den Pumpen *o* und *m*, den Überschuß aufnimmt, bei Speisewassermangel aber, durch den gleichen Druckstoß Speisewasser in den Kondensator abfließen läßt, wo es entlüftet und in den Kreislauf Kondensat—Speisewasser—Dampf—Kondensat wieder aufgenommen wird.

Über und rechts von den das Arbeitsmittel kennzeichnenden Linien wird der Zustand des Mittels angeschrieben; unter und links von diesen Linien sein Gewicht. Größe und sonstige Kennzeichen der eingezeichneten Vorrichtungen und die Anzahl gleichartiger Vorrichtungen können jederzeit durch Zahlen angegeben werden.

Das hier besprochene Verfahren der Darstellung von Schaltungsbildern im Dampfbetrieb ist bei den Siemens-Schuckertwerken seit 1½ Jahren in Gebrauch und auch von der AEG übernommen worden. Eine ausführlichere Beschreibung aller Zeichen, die Begründung ihrer Wahl, die auf Folgerichtigkeit und leichte Erfaßbarkeit Rücksicht nahm, wird im „Archiv für Wärmewirtschaft“ erscheinen. [M 313]

RUNDSCHAU

Abb. 1
Zweistöckiger Omnibus mit 81 Sitzplätzen und 100pferdigem Dreiachsfahrgestell von Büssing, gebaut von der Firma Wagenbauwerke, G. m. b. H., für die Allgemeine Berliner Omnibus-A.-G.

Kraftwagen

Die Internationale Automobilausstellung in Köln

Vom 10. bis 31. Mai ds. Js. fand in Köln als erste internationale Automobil-Ausstellung auf deutschem Boden, eine gemeinsam von der Stadt Köln, vom Reichsverband der Automobilindustrie und vom Deutschen Automobilhändler-Verband veranstaltete Ausstellung von Lastkraftwagen und andern Nutzkraftfahrzeugen statt, die nicht nur aus dem Inlande, sondern auch von einigen Auslandfabriken gut beschickt worden war. Der Gedanke, die erste Gelegenheit, wo deutsche und ausländische Kraftwagenerzeuger die Ergebnisse ihrer Arbeiten gemeinsam der deutschen Abnehmerschaft vorführen, auf das Gebiet der Nutzfahrzeuge zu beschränken, entspringt der leicht verständlichen Erwägung, daß die deutschen Fabriken namentlich im Bau von schweren Kraftfahrzeugen den Vorsprung eingeholt haben, den das Ausland infolge der Kriegsverhältnisse in baulicher und fabrikatorischer Hinsicht erlangt hatte, und daher einen solchen Wettbewerb leichter bestehen konnten. Für die Wahl der Stadt Köln als Ort der Ausstellung sprach neben dem Wunsch, dem schwergeprüften Rheinland zu dienen, die Erkenntnis, daß eine solche Ausstellung einmal auch in der Mitte des stärksten Verbrauchsgebietes stattfinden müsse.

Auf den Ständen der deutschen Fabriken, von denen die meisten mit vielen Fahrzeugen vertreten waren, konnte man viele Neuerungen sehen. Die meisten Fabriken haben namentlich für die Kraftomnibusse neben Vierzylindermotoren auch Motoren mit sechs Zylindern durchgebildet, deren Verwendung sich wegen ihres günstigen Einflusses auf die Fahreigenschaften bei den größeren Omnibussen augenscheinlich einführt. Dabei mag es zweifelhaft erscheinen, ob es im allgemeinen wirtschaftlich genannt werden kann, für den immerhin kleinen Gesamtabsatz der deutschen Industrie an Fahrzeugen mit solchen Motoren so viele verschiedene Bauarten zu entwickeln, die die nicht geringen Kosten der Versuche unnötig vervielfachen. Der naheliegende Gedanke, den Bau von solchen Motoren in wenigen Fabriken zu spezialisieren, hat offenbar bei uns noch nicht so festen Fuß gefaßt, wie es erwünscht wäre.

Die Firma Maybach-Motorenbau, G. m. b. H., Friedrichshafen, deren 100 PS-Motor im vorigen Jahre von verschiedenen Fabriken für diesen Zweck versucht und von der Voigtländischen Maschinenfabrik, Plauen, für eine Lieferung von 50 Niederrahmen-Omnibussen für den Kraftverkehr im Freistaat Sachsen aufgenommen wurde, beabsichtigt, wie wir hören, diesen Zweig der Erzeugung kräftiger zu betreiben. Die Firma Basse & Selve, Altena, hat einen billigeren Motor dieser Art entwickelt, der z. B. bei dem Omnibus-Fahrgestell der Mannesmann-Mulag-A.-G., Aachen, Verwendung gefunden hat. Auch die Vierzylindermotoren der Bayerischen Motoren-Werke, München, werden in Fahrgestelle von Lastkraftwagen eingebaut.

Mit gutem Erfolg hat augenscheinlich in dieser Richtung die Zahnradfabrik Friedrichshafen, G. m. b. H., gearbeitet, deren Einheitsgetriebe, jedoch ohne die selbsttätige Schaltung, man auf verhältnismäßig vielen Fahrzeugen, unter anderm auch an dem Omnibusfahrgestell mit niedrigem Rahmen und Dieselmotor auf dem Stande der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg sehen konnte.

Mit ähnlichem Erfolg schreitet, wenn auch vielleicht nur bei den ausgestellten Kraftfahrzeugen, die Verwendung von Vierradbremsen mit Hilfskraft voran. Neben der Druckluftbremse der Firma Knorr-Bremse, A.-G., Berlin, die man mit verschiedenen Abweichungen in bezug auf die Anordnung der Bremszylinder an mehreren schweren Fahrzeugen, namentlich auch an dreiachsigen Omnibus-Fahrgestellen, sehen konnte, führt sich allmählich die Unterdruckbremse nach Dawandre ein, deren Herstellung im großen die Firma Robert Bosch, A.-G., Stuttgart, seit etwa Jahresfrist aufgenommen hat und die sich in vorhandene Fahrgestelle schneller einbauen läßt.

Daß endlich auch die allgemeinen Normungsarbeiten des Reichsverbandes der Automobilindustrie erfreulich fortschreiten, konnte man an der von ihm veranstalteten Sonderausstellung erkennen; diese stellte neben den Arbeiten des Fachnormenausschusses auch eine Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen zusammen, die mit Mitteln des Reichsverbandes durchgeführt worden sind.

Auf die naheliegende Frage, wie die deutsche Industrie bei diesem ersten öffentlichen Vergleich mit der ausländischen Industrie abschneidet, kann man schon wegen der verhältnismäßig kleinen Zahl von ausländischen Fabriken, die sich an der Ausstellung beteiligt hatten, und bei der Unübersichtlichkeit des geschäftlichen Ergebnisses der Ausstellung keine abschließende Antwort

Abb. 2
Vomag-Fahrgestell für einen niedrigen Omnibus mit Sechszylindermotor und Aufbau aus Stahlgerippe der Waggonfabrik Werdau

teilen. Soweit die ausgestellten ausländischen Fahrzeuge ußer den bekannten Marken Ford und Chevrolet, die sehr ich ausgestellt hatten, Einblick in die Einzelheiten der uart, namentlich von schweren Fahrzeugen, ermöglichten, as z. B. bei den Omnibus-Fahrgestellen von Lancia & Co., irin, oder der Firma Minerva Motors, Antwerpen, der Fall ar, bietet der Vergleich sicherlich Interesse, aber jedenlls keinen Anlaß, Zweifel bezüglich der Wettbewerbfähigit der deutschen Industrie zu hegen. Beachtung verdiente B. die außerordentlich einfache und ganz selbsttätig wirinde Vorrichtung zum Anschließen des Anhängers beim ttelschepper von Minerva Motors. Die ganze Kuppelvorhtung ist am Anhänger angebracht, während der Schlepr hinten zwei nach abwärts gebogene Führungen trägt, denen der Anhänger mittels Rollen emporgleitet, worauf in der Endlage festgestellt wird.

Erfreulich war, daß neben bekannten Bauarten auf den utschen Ständen, abgesehen von zahlreichen Fortschritten s Zubehörwesens auch wirklich wertvolle Neuerunn vorgeführt wurden, von deren Einführung man sich nen Fortschritt der Technik auf diesem Gebiet versprechen nn.

Zu erwähnen ist hier insbesondere ein dreiachsiges Fahrgestell mit benzin-elektrischer Kraftübertragung, die die Automobilwerke H. Büssing, Braunschweig, gemeinsam mit der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, ausgebildet haben. Der bekannte Sechszylindermotor von 100 PS bei 1600 Uml./min treibt hier unmittelbar einen Nebenschluß-Gleichstromerzeuger von 125 V und 200 A bei 1600 Uml./min an, der mit einer besonderen Erregermaschine zusammengebaut ist, damit der Strom der Feldwicklung geregelt werden kann. Mit dem so erzeugten Strom werden zwei Hauptstrommotoren von je 85 A bei 125 V gespeist; diese sind etwa in der Mitte des Rahmens mit den Wellen in der Längsrichtung des Wagens eingebaut und greifen unmittelbar an den in der bekannten Weise[1]) angeordneten Kardanwellen an, die die beiden Hinterachsen des Wagens antreiben. Eine ähnlich durchgebildete elektrische Kraftübertragung der General Electric Co., Schenectady, hat sich im Gebrauch bei amerikanischen Omnibusgesellschaften hinsichtlich der Anfahrverhältnisse und der Betriebskosten gut bewährt.

Eine beachtenswerte Leistung auf dem Gebiete der Kraftomnibusse war ferner ein zweistöckiger Wagenaufbau mit

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1283.

Abb. 4 (unten)
hrgestell des Hanomag-Kleinlastwagens r 2,1×1,35 m² Ladefläche und 0,5 bis 0,75 t Tragkraft

Abb. 3 (oben)
Dreirad-Kraftschlepper mit Einzylinder-Zweitaktmotor von 1,68/6 PS der Zschopauer Motorenwerke

gedecktem Oberdeck, den die mit der Allgemeinen Berliner Omnibus-A.-G. verbundene Firma Wagenbau, G. m. b. H., Berlin, auf einem dreiachsigen Büssing-Fahrgestell vorführte. Der in Abb. 1 wiedergegebene Aufbau ist mit insgesamt 81 bequemen Sitzplätzen wohl der größte dieser Art, der bis jetzt hergestellt worden ist, und entspricht in den Außen- und Innenmaßen durchaus den Vorschriften für den Berliner Straßenverkehr, für den er bestimmt ist. Bemerkenswert ist ferner, daß auch der Aufgang zum Oberdeck eingebaut ist, daß also die Fahrgäste auf diesem Wege nicht dem Regen ausgesetzt sind, sowie daß das vollbesetzte Fahrzeug noch nicht die 15 t betragende Höchstgrenze des Gesamtgewichtes erreicht, die für dreiachsige Kraftwagen mit Luftreifen zugelassen ist. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang auch der Omnibusaufbau mit Stahlgerippe der Sächsischen Waggonfabrik Werdau, Abb. 2, den die Voigtländische Maschinenfabrik, Plauen, auf ihrem Stande vorführte.

Von Neuerungen auf dem Gebiete der Kleinkraftfahrzeuge seien zunächst der Dreiradwagen der Zschopauer Motorenwerke genannt, Abb. 3, der von einem Zweitaktmotor mit Luftkühlung von 293 cm^3 Zylinderinhalt und von 1,68/6 PS Leistung bei 3000 Uml./min mittels doppelter Zahnrad- und Kettenübertragung angetrieben wird und namentlich als Ersatz für die bekannten Elektrokarren vorwiegend im inneren Fabrikverkehr benutzt werden soll, obgleich er sich wegen seiner Unabhängigkeit von einer Ladestelle auch für den Außenverkehr eignet. Auf der hinter dem Fahrersitz verfügbaren Ladefläche von 1300 mm Länge, 1000 mm Breite und 400 mm Höhe über der Fahrbahn kann auch ein Aufsatz für zwei Fahrgäste angebracht werden. Der Preis mit einfachem Pritschenaufbau beträgt nur 1335 ℳ. Auch die Hannoversche Maschinenbau-A.-G. führte außer Rad- und Raupenschleppern wieder ihren kleinen Lastkraftwagen, Abb. 4, vor, der von dem Einzylinder-Viertaktmotor von 2/10 PS ihres bekannten Personenwagens mittels Kardanwelle angetrieben wird und mit Pritsche 2750 ℳ kostet. Das Gewicht des Fahrzeuges beträgt 600 kg, seine Fahrgeschwindigkeit 10 km/h.

Die zahlreichen Ausstellungsgegenstände waren in dem mustergültig ausgeführten Katalog nach Gruppen gegliedert, die sehr schnell einen Überblick über das auf einem besonderen Gebiet Vorhandene ermöglichten. Diese Gruppen erstreckten sich auf Wissenschaftliches und Geschichtliches, schwere Lastkraftwagen, Leichtlastkraftwagen, Fahrzeuge für den Personenverkehr, Kommunal- und Landwirtschaftsfahrzeuge, Aufbauten, Zubehör, Werkzeugmaschinen und Sondergebiete.

Bei dem Umfang, den in Deutschland die Kommunalbetriebe erlangt haben, ist es begreiflich, daß im Rahmen der Ausstellung auch gerade dieser Zweig des Kraftfahrzeugbaues eine große Rolle spielte. In der Tat hat man kaum bei einer andern Gelegenheit eine solche Fülle von Kommunalkraftwagen der mannigfachsten Art beisammen gesehen und beobachten können, einen wie maßgebenden Einfluß die Ingenieure der Stadtverwaltungen auf die Ausbildung von Kraftfahrzeugen für diese Zwecke ausgeübt haben. Schon die folgende einfache Aufzählung der verschiedenen Arten von solchen Fahrzeugen, die die Ausstellung darbot, läßt den Umfang dieses Zweiges ermessen: Straßenreinigung und Straßensprengung, Müllabfuhr, Feuerwehr, Rettungswesen, Zugmaschinen.

Während die Bauarten von einzelnen Arten dieser Fahrzeuge allgemein bekannt sind, hat namentlich auf dem Gebiete der Straßenreinigung und der Beseitigung des gesammelten Mülls in den letzten Jahren eine neue Entwicklung eingesetzt, mit dem Ziele, die Kosten dieser Arbeiten durch möglichst vollständigen Motorantrieb zu vermindern sowie den Vorgang in gesundheitlicher Hinsicht zu verbessern. Neben zahlreichen Bauarten von Wagenkasten, die den eingeschütteten Müll selbsttätig über die verfügbare Ladefläche verteilen und mittels selbsttätiger Entleervorrichtungen abgeben, verdienen hier vor allem die Fahrzeuge Erwähnung, die die Motorkraft auch zum Beladen der Fahrzeuge mit dem zusammengekehrten Straßenmüll ausnutzen.

Von dieser Art wurden zweierlei Fahrzeuge auf d Ausstellung gezeigt. Das eine von Carrier Motors, Lt London, ist mit der bekannten, schräg zur Fahrtrichtu gestellten Bürstenwalze versehen, die langsam umläuft u den Straßenschmutz nach der linken Fahrzeugseite hin z sammenfegt. Hier wird er von einer Kette von schmal Bürstenwalzen aufgenommen, die entgegengesetzt zueinand umlaufen und so den Schmutz allmählich bis in die Hö des Wagenkastens heben.

Die andre von Fried. Krupp, A.-G., Essen, ausgestel Bauart ist dazu bestimmt, mit den üblichen dreirädrig Straßenbürsten mit elektrischem Antrieb zusammenzuarb ten. Sie fährt hinter ihnen einher und nimmt den bere zusammengefegten Schmutzstreifen mittels einer schnell u laufenden Bürste auf, die quer unter dem Wagenrahmen g lagert ist und mittels einer vom Wechselgetriebe abgeleitet Gelenkwelle angetrieben wird. Diese Bürste schleudert d Schmutz bis in das Innere des Wagenkastens, der im Gege satz zu den andern Maschinen oben geschlossen ist. B merkenswert ist, daß bei diesem Fahrzeug die beiden Hint räder durch außenliegende Doppelgelenkwellen angetrieb werden müssen, da im Rahmen für den üblichen Karda antrieb kein Raum verfügbar ist.

[M 497] Dr. techn. A. Heller

Metallbearbeitung

Gesenkverschleiß und Stahlfrage in der Warmpresserei

Um die Ursachen für die Zerstörungen an Preßgesenk aufzuklären, wurden bei den Firmen Gebr. Hübner und J. Reinecker in Chemnitz sowie im Institut für Metallurgie u Werkstoffkunde der Technischen Hochschule Dresden n einer Anzahl Stahlsorten umfangreiche Versuche vorgeno men, über die hier kurz berichtet werden soll[1]).

An Untergesenken, die zum Warmpressen von Schra ben auf Friktionsspindelpressen verwendet werden, tret folgende äußeren Veränderungen während des Arbeit ganges auf:

1. das Weiten der Bohrung,
2. Rißbildungen auf den Oberflächen,
3. Verschleiß der Kanten und Flächen.

An Probeschrauben, die nach einer bestimmten Anza Pressungen entnommen wurden, konnte die Zunahme dies Veränderungen verfolgt und gemessen werden.

Als innere Erscheinungen kommen die Verformung u die Umwandlung des Stahlgefüges hinzu, die an gebrauc ten, aufgeschlitzten Matrizenkörpern in Schliffbildern b obachtet wurden.

Ursachen sind:

1. die Preßdrücke,
2. die Reibung des Preßeisens beim Einführen, Au werfen und Fließen unter dem Schlag und
3. die Preßtemperaturen.

Die Zusammensetzung und Wärmebehandlung im Ga ofen sowie die Brinellhärte der Stahlsorten sind aus Zahle tafel 1 zu ersehen.

Zur Ermittlung der Eigenschaften der Stähle wurd Schliffbilder bei verschiedenen Abschreckstufen und d Umwandlungspunkte beim Erhitzen und Abkühlen mit d Saladingerät aufgenommen. Die Abschrecktemperaturen fü die kompakten Gesenke mußten bei Stahl *A* etwas höh als bei kleinen Probekörpern genommen werden, da son keine genügende Abkühlgeschwindigkeit zur Unterdrückun der Umwandlungspunkte zu erreichen war. Auch die An laßzeiten waren größer, damit die Anlaßwirkung in d Tiefe der Matrize vordringen konnte.

Die Versuche ergaben, daß das Weiterwerden der Bo rung stufenweise rascher und wieder langsamer auftrit vermutlich infolge schichtenweise eintretender Ermüdung erscheinungen des Stahles um die Bohrung herum, in dere oberen Teil die Drücke radial nach außen wirken. Di

[1]) Vergl. die ausführlichere Abhandlung im „Maschinenbau" Bd. (1926) S. 880.

Zahlentafel 1

Bez.	Chemische Zusammensetzung in vH								Wärmebehandlung		Brinellhärte
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	W	Härtung	Anlassen	
A	0,39	0,79	0,40	0,014	0,056				950 bis 970° } Wasserstrahl		506 bis 58
B	1,25	0,129	0,305	0,010	0,003	0,225		0,752	800° } Wasserstrahl		313 „ 55
F_1	0,388	0,073	0,122	0,010	0,002	0,562		7,035	1000° Öl	500 bis 520°; 120 min	373 „ 46
F	0,630	0,127	0,212	0,020	0,003	0,667		5,372	950 bis 1000° Öl	rd. 510°; 90 min	350 „ 48
G	0,43	?	0,48	?	?	2,05	0,15	2,82	950° Öl	„ 500°; 90 „	360 „ 41

Abb. 5
Temperaturschwingungen in einer Matrize mit 30 mm Bohrung. Die Meßstelle befindet sich 11,2 mm von der Oberfläche und 3,7 mm von der Bohrungswand. Jäher Temperaturanstieg und -sturz. Verschiedene Höhe der Temperaturen auf der gekühlten und der Schattenseite. Die an die Kurven angeschriebenen Zahlen bedeuten die Dauer der Pausen in Sekunden. *H* bedeutet Festhängen des Bolzens beim Auswerfen.
1 mm entspricht der Zeit, die zum Pressen eines Bolzens gebraucht wird

Abb. 6
A-Stahl-Matrize; abgeschreckt von 900 mit Wasserstrahl und Härtepulver auf der Oberfläche; für 5/8″ Sechskant-Kopfschrauben (15,4 mm Dmr.) nach 1800 Pressungen; starke Risse, Schattenkante stärker umgelegt (rechts unten)

Abb. 7
Cr-W-Ni-Stahl-Matrize; ungehärtet, für 10 mm-Sechskant-Kopfschrauben nach 22 000 Pressungen; strahlenartige Zeichnungen besonders unter der Gratzone

Rißbildungen liegen hauptsächlich radial und konzentrisch zur Bohrung. Dabei bilden scharfe Ecken und vorhandene Riefen, die von der Bearbeitung herrühren, die Ausgangspunkte. An ihrer Entstehung tragen teils die Preßschläge, in erster Linie aber die Preßtemperaturen Schuld, die bei Berührung mit dem heißen Bolzen ansteigen und vom Kühlwasser wieder herabgedrückt werden. Die ununterbrochenen Temperaturschwingungen, Abb. 5, beim Preßgang haben wechselnde Längenänderungen zur Folge, die das Materialgefüge überanstrengen. Es bildet sich ein Rißnetz, ähnlich den Trockenrissen eines ausgedörrten Erdbodens. Die Höhe der Temperaturen (150 bis 400 °C) führt mit der Zeit einen Zerfall des Härtegefüges herbei, so daß Kanten und Ecken sich umlegen und aufwölben. Schließlich drückt sich besonders in der Gratzone, wo das Kühlwasser dem Schraubenwerkstoff während des Schlages die Wärme rasch entzieht, die Oberfläche etwas ein, und die Reibung des gleitenden Materials führt zur Entstehung strahlenartiger, radial nach außen verlaufender, ganz schwacher Vertiefungen.

Die mit Wolfram und Chrom höher legierten Stähle sind gegen die Beanspruchungen am widerstandfähigsten und lassen drei- bis vierfach höhere Stückleistungen zu als gewöhnliche und schwach legierte Kohlenstoffstähle, Abb. 6. Sie sind infolgedessen trotz des höheren Anschaffungspreises weit wirtschaftlicher. Abb. 7 zeigt die Oberfläche einer Cr-W-Ni-Stahl-Matrize[2]) nach 22 000 Pressungen, an der noch keine erheblichen Zerstörungen festzustellen sind.

Zusammenfassend ist zu sagen: Zur Erzielung hoher Leistungen der Gesenke sind sorgfältige Herstellung erforderlich, saubere, glatte Flächen, vorsichtige Wärmebehandlung, um Spannungen und Entkohlung zu vermeiden, sowie die Wahl eines Stahles, der Zähigkeit mit hoher Härte vereint und höheren Temperaturen standhält. An der Presse ist eine zweckmäßige Kühlvorrichtung anzubringen, die das Kühlwasser gleichmäßig verteilt. Das Preßgut muß gleichmäßig sein und darf nicht übermäßig angewärmt werden, da die Temperaturschwankungen dann geringer bleiben. Mit wolframlegierten Stählen werden bei so sorgfältiger Behandlung bereits bis 30 000 Pressungen erzielt. [N 2679]

Frankfurt/Main Dr.-Ing. W. Spitzner

[2]) Von der Esko-Edelstahl-Co. Mannheim.

Feuerschutz

Starre Feuerlöscheinrichtungen

Unter einer starren Feuerlöscheinrichtung[1]) versteht man ein Gerät, dessen Angriffsbereich durch Gestaltung und Einbau festgelegt ist. Allgemein werden die Löschmittel nicht mit der Hand, sondern durch mechanische Kräfte gefördert.

Als Löschmittel dienen bei den nicht selbsttätig angreifenden Bauarten gasförmige, flüssige und feste Stoffe. In Deutschland dürften die Drencher-Anlagen oder Regenwandvorrichtungen weniger bekannt sein. Diese verhindern das Übergreifen eines Großfeuers auf Nachbargebäude. Abb. 8 zeigt bei *a* eine mit Wasser gespeiste Rohranlage. Über allen Fenstern sind Drencher-Brausen *b* angebracht. Die Wasserzufuhr wird erst im Brandfalle mit der Hand eröffnet, Abb. 9. Bei ausgedehnten Gebäudefronten sind daher im Augenblick große Wassermengen erforderlich. Diese liefert entweder das Wasserversorgungsnetz, oder man speist die Leitungen mit eigenen Feuerlöschpumpen. Für den ersten Angriff wird ein Hochbehälter oder ein Druckluft-Wasserkessel eingebaut.

Gilt es Räume zu schützen, die im Verhältnis zu ihrer Ausdehnung sehr hoch sind und ständig bewacht werden, so wendet man ähnlich wie in Theatern Wasserregenvorrichtungen an. Das Hauptventil muß auch außerhalb der Gefahrzone bedient werden können. Den Regen spenden entweder große, auf ein Drittel des Umfanges gelochte Kupferrohre, oder Sprinklerbrausen ohne Ventil. Lange Regenleitungen haben doppelseitigen Speiseanschluß. Für die Wasserversorgung gilt das bei Drenchern Gesagte. Die Regendichte ist um so reichlicher zu bemessen, je weiter der Wasserspender vom Fußboden entfernt ist. Zugluft und Verdampfen veranlassen nämlich starke Wasserverluste. Neuerdings rüstet man auch große Benzinbehälter mit Wasserberieselung aus.

Da Wasserdampf leichter ist als Luft, lassen sich damit nur geschlossene Räume schützen. Selbstverständlich setzt die Betriebsbereitschaft einen ständig unter Druck stehenden Dampfkessel voraus. Wasserdampf hat sich bei Kohlenbunkern in Schiffen bewährt, wo mit Selbstentzündung der

Abb. 8
Anordnung der Drencher-Anlage an einem mehrstöckigen Haus
a Rohranlagen *b* Brausen

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 1561

Abb. 9
Drencher-Anlage in Tätigkeit bei einem Brande
a Rohranlage b Brausen.

Abb. 10
Stromerzeuger-Brandschutz
a Reißvorrichtung *b* und *c* Brandklappen *d* Seilzug
e Kohlensäure-Flaschenbatterie *f* Kühlkanal

Abb. 11.
Vergaser-Regenvorrichtung im Kraftwagen
a Gasdruckspritze
b Ventilhandrad
c Regenleitung
d Vergaser
e Spritzwand

Abb. 12
Löschpulvergebläse im Flugzeug
a Motorgehäusewanne
b Zellenschutz
c Vergaserschutz
d Gabelstück
e Führersitz
f Flasche mit flüssiger Kohlensäure
g Ventilhandrad
h Vergaser
i Behälter mit Löschpulver
k Instrumentenspant

Kohlen zu rechnen ist. Ferner sieht man bei Tanks die Möglichkeit vor, im Brandfalle den Hohlraum über dem Flüssigkeitsspiegel mit Dampf zu füllen.

In einzelnen Fällen, vor allem bei Stromerzeugern, sind weder flüssige noch feste Löschmittel erwünscht. Hier hat sich gasförmige Kohlensäure bestens bewährt; Abb. 10 zeigt den Stromerzeuger-Feuerschutz des Walchenseewerkes. An jedem Schaltpult befindet sich eine Reißvorrichtung *a*. Sobald diese ausgelöst wird, schließen sich die Brandklappen *b* und *c*. Gleichzeitig öffnet der Seilzug *d* die Ventile einer Kohlensäure-Flaschenbatterie *e*. So wird der Kühlkanal *f* des Stromerzeugers rasch mit feuerabwehrenden Gasen gefüllt und der Brandherd erstickt.

Die wesentlichste Feuergefahr bei rasch laufenden Verbrennungskraftmaschinen liegt im Vergaser. Für diese Maschinen gibt es verschiedene starre Schutzeinrichtungen. Abb. 11 zeigt einen Kraftwagenvergaser mit Regenvorrichtung. Der Kessel *a* enthält eine Methylbromidfüllung mit aufgepreßtem Stickstoffpuffer als Treibmittel. Nach Öffnen des Handrades *b* strömt die Löschflüssigkeit in der Rohrleitung *c* über den gefährdeten Vergaser *d*. Neben Tetra ist ferner Löschpulver in Verwendung. Bei Flugzeugmotoren wird auch unter der Motorgehäusewanne eine Löschleitung eingebaut, Abb. 12.

Große Benzinbehälter dagegen schützt man mittels Schaumberieselung. In einem vom etwaigen Brandherd

Abb. 13
Ortfester Schaumerzeuger für große Benzinbehälter
a Schaumleitungen zu den Behältern
b Ladeverschlüsse
c Behälter mit schaumerzeugenden Stoffen
d Hauptventil
e Wasserzufluß
f Entwässerungsleitung

isolierten Gebäude befinden sich zylindrische Behälter r Trockenchemikalien, die Kohlensäureschaum erzeugen, Abb. Im Brandfalle löst durchströmendes Wasser die Stoffe. I Schaum rieselt aus einer Regenringleitung vom Kopfe (Tanks an dessen Außenwänden herab. So wird jeder I hälter in einen schützenden, zylinderförmigen Schau schleier gehüllt. Vielfach unterstützen dessen Löschwirku noch Wasserdampf oder Kohlensäure-Gasschwaden. Neu dings gewinnt das mit Kohlensäureschnee arbeitende Lös verfahren für Behälterschutz an Verbreitung. [M 161]

München J. Brand

Kältetechnik

Messung des umlaufenden Kältemittel in Kältemaschinen

Zu dem gleichnamigen Bericht in Z. Bd. 71 (1927) S. 3 ist nachzutragen, daß inzwischen im Ingenieur-Laboratori der Technischen Hochschule Stuttgart auch mit dem L stungsprüfer der Gesellschaft für Linde's Eismaschinen A. Versuche angestellt worden sind. Danach zeigt der Leistun prüfer, wenn das Differentialmanometer den Druckunt schied richtig angibt, sehr genau. Zwei sorgfältig dur geführte Versuche ergaben in der Angabe der Bruttoleistu durch den Leistungsprüfer gegenüber der Messung du den Versuch Abweichungen von — 0,57 und + 0,20 vH, zogen auf das Ergebnis der Messung.

Blasenbildungen vor dem Durchtritt der Flüssigk durch die Mündung im Leistungsprüfer waren stets deutli sichtbar, und zwar nicht nur, wenn das Glühlämpch brannte. Man erkannte den Durchtritt von Blasen auch den Schwankungen des Differentialmanometers; auch ausgeschaltetem Differentialmanometer kann man die F lung mittels des beleuchteten Schauglases leicht prüf Der Leistungsprüfer arbeitete noch richtig, wenn sich Unterkühlungstemperatur auf 1 bis 1½ ° der Sättigun temperatur näherte, d. h. wenn nur noch ganz gerin Unterkühlung vorhanden war.

Im Gegensatz zu den Leistungsprüfern von Glässel u Weckerle ist der Lindesche Leistungsprüfer derart in Leitung vom Verflüssiger zum Regelventil eingebaut, d der Flüssigkeitsstrom nicht unterbrochen wird. Damit w der Leistungsprüfer unabhängig von einem Flüssigkei überschuß auf der Seite des Verflüssigers. [N 496]

Stuttgart R. Stückle

Kleine Mitteilungen

roßdieselmotoren zur Spitzendeckung. Das Märkische Elektrizitätswerk, Berlin, hat bei der aschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Augsburg, zwei roß-Dieselmotoren von je 12 000 PS_e Leistung bei .5 Uml./min bestellt, die für das Umspannwerk Hennigs-orf bestimmt sind und hauptsächlich zur Deckung der Last-itzen am Abend, im Winter auch morgens, und ferner i plötzlichen Störungen im Dampfkraftwerk Finkenheerd ler im Zuleitungsnetz in Tätigkeit treten sollen. Außer-ılb der Zeiten, in denen die Maschinen zur Abgabe von eistung gebraucht werden, können die Stromerzeuger für ch allein auf das Netz geschaltet werden und als Phasen-hieber zur Verbesserung des Leistungsfaktors dienen. Sie nd zu diesem Zweck mit den Dieselmotoren durch aus-ickbare Kupplungen verbunden. Zur Zeit sind bei der MAN ıd ihren Lizenznehmern über 50 einfach oder doppelt wir-nde Zweitakt-Großdieselmotoren von rd. 200 000 PS_e Ge-mtleistung im Bau fertiggestellt. [N 507 a] H.

Neue 60 000 kW leistende Dampfturbine. In dem Charles R. Huntley-Kraftwerk der Buffalo ıneral Electric Co. ist kürzlich eine neue Turbodynamo it 60 000 kW Leistung in Betrieb genommen worden. Die ın der General Electric Co. gelieferte Maschine arbeitet it 17,5 at abs Betriebsdruck, rd. 320 ° Anfangstemperatur .d 0,035 at abs Enddruck im Kondensator. Sie macht 00 Uml./min. Das Kraftwerk, das zur Spitzendeckung für ıe Anzahl großer Wasserkraftanlagen dient, besteht nun-ıhr aus fünf Dampfturbodynamos, von denen drei je 000 kW, eine 35 000 kW haben. Zusammen mit der neuen ılage beträgt die Gesamtleistung also 155 000 kW. Power" 26. April 1927 S. 630). [N 507 b] Pt.

ump-Speicherkraftwerk Niederwartha ›i Dresden, das größte Speicher-Kraftwerk der Welt. In Zusammenarbeit der Stadt Dresden mit der A.-G. ›chsische Werke ist ein Wasserkraft-Speicherwerk in An-ziff genommen worden, das auf der Flur Niederwartha bei esden errichtet wird. Das Werk soll einen Ausgleich r Belastungsspitzen im Überlandnetz der sächsischen Elek-zitätsversorgung herbeiführen und außerdem vor allem › Stromversorgung des Verbrauchsgebietes Groß-Dresden ıbedingt sicherstellen, auch für den Fall, daß die Strom-ferung aus dem Überlandnetz in irgendeiner Weise ge-rt wird. Die Anlage ist dadurch bemerkenswert, daß ›n erstenmal durch Dampf erzeugte elektrische Energie in ›ßem Maßstab als Wasserkraft aufgespeichert wird.

Das Kraftwerk wird vier Maschinensätze erhalten, die › aus einer Turbine, einer Pumpe und einer Dynamo-ischine bestehen. Von den vier Sätzen sind zwei Tur-ıen und zwei Pumpen an die auf dem Gebiete des Speicher-ımpenbaues zusammenarbeitenden Firmen J. M. Voith, idenheim a. d. Brenz, und Gebrüder Sulzer, A.-G., Lud-gshafen, vergeben worden, die beiden andern an die Firma her Wyss & Cie., Ravensburg. Die Turbinen mit je 30 000 PS Leistung werden die größten Spiralturbinen in Deutschland. Die Pumpen, die je 27 000 PS Antriebleistung verlangen, übertreffen alle bisher gebauten um ein mehrfaches. [N 507 c]

Brücke über den Hafen von Sydney. Bei dem Bau der großen Brücke über den Hafen von Sydney wurde vor kurzem das erste der vier Lager fertiggestellt, die die großen Bogen gegen die Pfeiler abstützen. Die Brücke wird eine einzige Öffnung von rd. 500 m l. W. bei rd. 52 m Scheitelhöhe über dem Meeresspiegel haben und aus einem 17,4 m breiten Fahrweg bestehen, der zu jeder Seite zwei Eisenbahngleise sowie einen Fußweg hat. Das gesamte Eisengewicht der Brücke wird 50 000 t betragen.

Jedes Lager wiegt 300 t und besteht aus einzelnen Stahlguß- und Schmiedestücken, von denen keines mehr als 32 t wiegt. Der Lagerfuß stützt sich in einem Winkel von 45 ° zur Wagerechten gegen den Pfeiler ab. Er besteht aus sechs nebeneinander angeordneten, mit Rippen versehenen, je 6,4 m langen und 1,2 m breiten Trägern aus Stahlguß und ist mit insgesamt 24 Schrauben von 115 mm Dicke an der Grundplatte befestigt. Die einzelnen Tragteile des Fußes sind miteinander durch 100 mm dicke Schrauben verbunden. Der Lagerdruck von 19 200 t wird auf den Lagerfuß durch zwei in spitzem Winkel zueinander gestellte, trapezförmige, stählerne Platten von je 32 t Gewicht und rd. 24 cm Dicke übertragen. Seitlich abgestützt werden beide Platten durch zehn dazwischen quer stehende gußeiserne Platten von je 3 t Gewicht, die mit ihnen verschraubt sind.

Der Lagerzapfen ist aus Stahl, hat rd. 370 mm Dmr. und ist 4,1 m lang. Die obere Schale besteht mit dem Zapfen aus einem Stück, sie hat vier Flansche zur Befestigung des Brückenbogens. Eine Oberschale nebst Zapfen wiegt 22 t. („Engineering" 20. Mai 1927 S. 619*) [N 507 d] Sd.

Maschinenanlage des Motorschiffes „Augustus". Dieses zur Zeit größte Fahrgast-Motorschiff, das demnächst fertiggestellt sein wird, erhält vier doppeltwirkende Zweitakt-Dieselmotoren, Bauart MAN-Savoia, die je in sechs Zylindern von 700 mm Bohrung und 1200 mm Hub normal 6250 PS_e bei 120 Uml./min leisten und außerdem während 48 h mit 7000 PS_e bei 125 Uml./min überlastbar sein sollen. Bei den kürzlich beendeten Prüfstandversuchen wurde eine 30 h dauernde Belastungsprobe mit 9000 PS_i bei 125 Uml./min eingeschaltet. Der Ölverbrauch ist zu 138 g/PS_i h bei einem Öl von 10 000 kcal Heizwert ermittelt worden. Bei 11,8 m Länge, 8,47 m Höhe und 3,4 m Breite wiegen die vier Motoren ohne Hilfsmaschinen insgesamt 1940 t. Die drei Spülluftgebläse werden im Hauptmaschinenraum in der Höhe der Spülschlitze aufgestellt. Sie liefern je 28 bis 31 m^3/s bei 0,1 bis 0,15 at Überdruck und sind mit 750 PS_e leistenden Elektromotoren für 1800 bis 2450 Uml./min unmittelbar gekuppelt. Die elektrische Anlage umfaßt drei je 600 kW und außerdem fünf je 300 kW leistende Viertakt-Dieseldynamos. („The Motorship" Mai 1927 S. 40). [N 507 e] Ls.

BÜCHERSCHAU

[M]etallographie. Von W. Guertler. 2. Bd. 2. T. 5. Abschnitt 2. Lfg.: Die thermische Ausdehnung. Von ı. Schulze. Berlin 1926, Gebr. Borntraeger. 336 S. ı. 105 Abb. Preis 18,80 ℳ.

Im ersten Teil ist die thermische Ausdehnung der ıen Metalle unter möglichst vollständiger Verarbeitung ıd Wiedergabe der in Versuchen ermittelten Zahlen dar-tellt. Eine knappe, vielleicht allzu knappe Einführung andelt den Zusammenhang der Wärmeausdehnung mit ı Aufbau und den übrigen kennzeichnenden Körpereigen-ıften. Nach einer eingehenden Besprechung und ırdigung der Meßverfahren für Wärmeausdehnung ızeausches Berührungshebel- und Vergleichverfahren) ıt die Behandlung der Wärmeausdehnung für die einzelnen alle in alphabetischer Folge. Ein besonderer Abschnitt der Wärmeausdehnung der Einkristalle (Grüneisen und ıs) gewidmet. Der Einfluß, den die Umwandlung des eren Aufbaues, Druck und Zug der Aggregatänderungen ı die Wärmeausdehnung haben, wird kurz gestreift.

Den weitaus größeren Teil des Buches füllt mit Recht die [Dar]stellung der Wärmeausdehnung der Legierungen. Die bei der Erforschung der übrigen konstitutiven Eigenschaften bewährte Einteilung der Legierungen in vier Gruppen (1. heterogene Legierungen, 2. unbegrenzte, 3. begrenzte Mischkristallbildung, 4. Verbindungsbildung) erweist sich auch bei der Wärmeausdehnung als wertvolle Einteilung, soweit es die geringe Vollständigkeit der vorhandenen Messungen zu übersehen gestattet. Überhaupt erscheint es mir wichtig und verdienstvoll, daß durch die vorliegende sorgfältige Zusammentragung der vorhandenen Unterlagen auf deren große Lückenhaftigkeit mit Nachdruck hingewiesen und zur Vervollständigung in bestimmten wesentlichen Richtungen dadurch angeregt wird. Am Schlusse des Buches sind übersichtliche Tabellen und Diagrammtafeln, die die untersuchten Metalle zusammenfassen, gegeben. Bezüglich der beigegebenen Diagramme wäre es erwünscht, die Erläuterung zu den einzelnen Abbildungen so zu gestalten, daß der Sinn jedes Schaubildes auch ohne näheres Studium des Buchinhaltes verständlich wird. So enthalten z. B. die Abbildungen 9, 17, 18 und 19 je zwei Kurven, die einerseits die Länge, anderseits die Ausdehnungszahl in seiner Abhängigkeit von der Temperatur darstellen, ohne daß er-

sichtlich ist, welche der beiden Kurven die Länge, und welche die Ausdehnungszahl darstellt. Die beiden Kurven sind durch Kreuze und Ringe voneinander unterschieden, in den vier angeführten Abbildungen ist jede der beiden Kurven abwechselnd einmal durch Ringe, einmal durch Kreise dargestellt, so daß eine gewisse Aufmerksamkeit beim Betrachten der Abbildungen notwendig ist, wenn Mißverständnisse vermieden werden sollen. Auf Seite 99 muß der Ausdruck für die Länge des Metallstabes richtig lauten:

$$l = l_0 (1 + \beta_1 t + \beta_2 t^2).$$

Die neue Lieferung des großen Guertlerschen Handbuches der Metallographie von A. Schulze bildet ein stattliches Buch, das sehr wohl auch als in sich abgeschlossenes Ganzes Verbreitung und Benutzung verdient und finden wird. [E 267] Karl Lichtenecker

Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt und dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung zu Berlin-Dahlem. Sonderheft Nr. 2. Berlin 1926, Julius Springer. 279 S. m. 316 Abb. Preis 24 *M.*

Die Abhandlungen berichten über die Arbeiten des letzten Jahres. Besonders ausführlich sind Röntgenforschung und Aufbau der Metalle behandelt. Die Ergebnisse der Forschungen werden für die methodische Werkstoffprüfung und für die Erfordernisse der Metallverarbeitung in vielen Richtungen ausgewertet.

Besonders hervorzuheben sind aus dem Gebiete der Legierungskunde Arbeiten über Aluminium-Zink-Legierungen und über die Härte der Kupfer-Zink-Legierungen. Mit den Festigkeitseigenschaften befassen sich z. B. Forschungen über die Verfestigungsfrage und die Härtung der Metalle. In weiteren Berichten sind unter anderem innere Spannungen, wechselseitige Druckversuche und Kaltwalzen behandelt. Mit dem Bauwerk im Werkstoff befassen sich Forschungen über Röntgenphotogramme, Gitterlagen und Aufbau der Kristalle. Es ist sehr zu begrüßen, daß das Staatliche Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem die Herausgabe der meist in Zeitschriften veröffentlichten Arbeiten in Sonderheften fortsetzt. [E 310] De.

The life of Elbert H. Gary. The Story of Steel. Von Ida M. Tarbell. New York und London 1925, D. Appleton Co. 361 S. m. versch. Abb. Preis 3,50 $.

Ida M. Tarbell, die Verfasserin der Lebensgeschichte des Präsidenten Abraham Lincoln, der Geschichte der Standard Oil Company und anderer biographischer Werke, zeichnet in ihrem schon 1925 erschienenen Werke: The life of Elbert H. Gary, mit meisterhaften Strichen den Werdegang dieses bedeutenden amerikanischen Wirtschaftsführers und Hauptes der United States Steel Corp. und gibt uns damit gleichzeitig einen tiefen Einblick in die Entwicklung der Stahlindustrie der Vereinigten Staaten im letzten Vierteljahrhundert. Bei ihren Vorarbeiten erfreute sie sich der Unterstützung von Gary, und außerdem wurden ihr auf das bereitwilligste die Archive der United States Steel Corp. geöffnet. Ihr standen auch die in Betracht kommenden Sammlungen der Kongreß-Bibliothek zu Washington und der Carnegie-Bibliothek in Pittsburgh und der gesamte Briefwechsel des Präsidenten Harding, des Staatssekretärs Hoover und Garys über die Abschaffung des zwölfstündigen Arbeitstages zur Verfügung.

So lernen wir in 12 Kapiteln anschaulich, wie Elbert Henry Gary, der zweite Sohn von Erastus Gary und Susan Abiah Gary, eines Farmerpaares in Warrenville, Illinois, aufwuchs, am Union College zu Chikago Rechtswissenschaften studierte, Richter wurde und schließlich mit Eisen und Stahl in Berührung kam, die United States Steel Corp. schuf und noch heute ihr geistiges Haupt ist. Etwa 25 Bilder führender amerikanischer Persönlichkeiten ergänzen die Schilderung und schmücken das gut gedruckte, mit einem vielleicht etwas zu knappen Inhaltverzeichnis versehene Buch. [E 402] Dr.-Ing. Martin W. Neufeld

25 Jahre Hirschberger Maschinenbau. 1902 bis 1927. Festschrift der Freund - Starke - Hoffmann - Maschinen - A.-G., Hirschberg-Berlin. 59 S. m. zahlr. Abb.

Das Werk ist drucktechnisch vorzüglich ausgestattet und enthält eine große Anzahl von Abbildungen der sehr verschiedenartigen Erzeugnisse der Unternehmung. In etwas nüchterner Darstellung wird der Werdegang der Firma geschildert. Man vermißt Angaben über die Arbeiterzahl, die immer einen guten Maßstab für die Entwicklung geben. Bb.

Raschlaufende Ölmaschinen. Von Dr. Otto Kehrer. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 111 S. m. 81 Abb. Preis 12 *M.*

Der Bau des Dieselmotors. Von Kamillo Körner. 2. ver u. verb. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 531 S. 744 Abb. Preis 73,50 *M.*

Die Widerstandfähigkeit von Dampfkesselwandungen. H ausgeg. von der Vereinigung der Großdampfkesselbesitz E. V. 1. Bd.: Stuttgarter Arbeiten bis 1920. Berlin 19 Julius Springer. 81 S. m. 176 Abb. Preis 13,50 *M.*

Geometrie und Maßbestimmung der Kulissensteuerunge Von R. Graßmann. 2. Aufl. Berlin 1927, Juli Springer. 140 S. m. 148 Abb. Preis 13,50 *M.*

Veröffentlichungen des Zentralverbandes der Preußisch Dampfkessel-Überwachungs-Vereine. 1. Bd. Von Ebel u Fr. Schulte; 2. Bd. Von Hanns Müller. Halle a. d. 1927, Selbstverlag. Preis 1. Bd 6 *M*, 2. Bd. 10 *M.*

Bewegungsfugen im Beton- und Eisenbetonbau. V A. Kleinlogel. Berlin 1927, Ernst & Sohn. 220 m. 540 Abb. Preis 19 *M.*

Bericht über die 29. Hauptversammlung des Deutsch Beton-Vereins (E. V.) am 4., 5. und 6. März 1926. Obe cassel (Siegkreis) 1927, D. B. V. 411 S. Nicht im Buc handel.

Die Geologie im Ingenieur-Baufach. Von Walter Kran Stuttgart 1927, Ferdinand Enke. 425 S. m. 53 Abb. Pre 34 *M.*

Ein neues Verfahren zur Berechnung von Steil- und Fer bahnen. Von Prof. von Eberhard. Berlin 19 Georg Bath. 47 S. Preis 20 *M.*

Vorlesungen über Thermodynamik. Von Max Planc 8. Aufl. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyt & Co. 287 S. m. 5 Abb. Preis 11,50 *M.*

Mitteilungen des Instituts für Kraftfahrwesen an der Säc sischen Technischen Hochschule Dresden. Herausge von Otto Wawrziniock. 3. Sammelbd., 67 S. 86 Abb. 4. Sammelbd. 93 S. m. 63 Abb. Berlin 19 Klasing & Co. Preis 4 *M.*

Technik und Praxis der Papierfabrikation, 2. Bd.: Die Fab kation des Zellstoffes aus Holz. 2. T.: Natronzellsto Von Erik Hägglund. Berlin 1926, Otto Elsner. 359 m. zahlr. Abb. Preis 30 *M.*

Betriebswissenschaftliche Bücher, 2. Bd.: **Fließende Fe tigung.** Von H. L. Mittelstaedt. Berlin 19 Georg Stilke. 100 S. m. 20 Abb. Preis 3 *M.*

Betriebswissenschaftliche Bücher, 1. Bd.: **Wirtschaftsfrag der Massenfertigung.** Von K. H. Schmidt. Berl 1927, Georg Stilke. 91 S. m. 2 Abb. Preis 2,50 *M.*

Betriebswissenschaftliche Bücher, 3. Bd.: **Zeitstudien.** V Hans Freund. Berlin 1927, Georg Stilke. 71 S. 2 Abb. Preis 2,50 *M.*

An Introduction to Industrial Administration. Von Jo Lee. London 1925, Pitman & Sons, Ltd. 194 S. Pre 5 sh.

AwF-Getriebeblätter 600, 601 B und 601 T. Herausgeg. vo Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung. Berlin 19 Beuth-Verlag. Preis 1 Bl. Bild und 1 Bl. Text zu 1,20 *M.*

Schriftenreihe des Zentralvereins für Deutsche Binne schiffahrt, E. V. 9. Heft: **Zur Wasserstraßenfrage.** V Leopold. Berlin 1927, Selbstverlag. 79 S. m. 4 Ab Preis 0,50 *M.*

Sammlung Göschen, 960. Bd.: **Kreislauf des Wassers u Gewässerkunde.** Von R. Drenkhahn. Berlin und Lei zig 1927, Walter de Gruyter & Co. 114 S. m. 46 Ab Preis 1,50 *M.*

Technische Fachbücher, 8. Bd.: **Hebetechnik.** Von H. Müller. München 1927, C. W. Kreidel. 124 S. m. 44 Ab Preis 2,25 *M.*

Technische Fachbücher, 12. Bd.: **Wärmewirtschaft.** Von Ku W. Geisler. München 1927, C. W. Kreidel. 135 S. 26 Abb. Preis 2,25 *M.*

Vom Wasser. Sammlung von Vorträgen, gehalten in d Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker, Fac gruppe für Wasserchemie in Kiel, 27. bis 29. Mai 192 Berlin 1927, Verlag Chemie. 236 S. m. versch. Abb. Pre 11 *M.*

Monographien aus dem Gebiete der Fett-Chemie, 8. B **Chemie, Technologie und Analyse der Naphthensäure** Von M. Naphtali. Stuttgart 1927, Wissensch. Verlag gesellschaft m. b. H. 144 S. Preis 14 *M.*

Die Wissenschaft, 77. Bd.: **Die Valenz und der Bau d Atome und Moleküle.** Von Gilbert Newton Lewi Übers. v. Gustav Wagner und Hans Wolff. Braunschwei 1927, Friedr. Vieweg & Sohn. 200 S. m. 27 Abb. Preis 14 *M*

Werkstattbücher, 32. H.: **Die Brennstoffe.** Von Erdman Kothny. Berlin 1927, Julius Springer. 73 S. m. 11 Ab Preis 1,80 *M.*

ANGELEGENHEITEN DES VEREINES

Wahlen und Beschlüsse der Versammlung des Vorstandsrates am 28. Mai 1927 in Mannheim

Wahlen

Drei Beigeordnete im Vorstand

Der Vorstandsrat wählte als Beigeordnete im Vor[st]and für die Jahre 1928, 1929 und 1930 die Herren Prof. [Dr]-Ing. A. Nägel, Dresden; Direktor Graf v. Soden, [Fr]iedrichshafen (Bodensee), und Fabrikbesitzer Dr.-Ing. [E.] h. C. H. Steinmüller, Gummersbach (Rheinland).

Wahlausschuß

Als Mitglieder des Wahlausschusses für das Jahr von [de]r Hauptversammlung 1927 bis zur Hauptversammlung [19]28 wurden gewählt die Herren Behrend, Breslau; [Br]üsing, Pommern; Dopp, Berlin; Dorffmeister, [Au]gsburg; Geißler, Zwickau; Hartmann, Hessen; [R]oth, Köln.

Als stellvertretende Mitglieder die Herren Awe, [Te]utoburg; Bieske, Ostpreußen; Fischer, Lübeck; [L]eupold, Chemnitz; Marx, Bayern; Oeser, Lenne; [Th]omas, Berg.

Kuratorium der Ingenieurhilfe

Der Vorstandsrat wählte als Mitglieder des Kura[to]riums der Ingenieurhilfe für die Jahre 1928, 1929 und [19]30 die Herren Direktor Grothe, Bochum, und Direk[tor] Dr.-Ing. E. h. Hellmich, Berlin. An Stelle des ver[sto]rbenen Herrn Hjarup wählte der Vorstandsrat für die [Ja]hre 1927 und 1928 Herrn Direktor Dipl.-Ing. Martin [Bö]hmer, Berlin.

Anträge auf Änderung der Satzung und Geschäftsordnung

[1]) Antrag des Vorstandes auf Ergänzung des § 64 der Satzung: Verwendung des Vereinsvermögens bei Auflösung des V. d. I.

Der Vorstandsrat beschloß, der Hauptversammlung [vo]rzuschlagen, dem § 64 der Satzung als Absatz 2 fol[ge]nde Ergänzung hinzuzufügen: „Bei Auflösung des Ver[ein]es wird das vorhandene Vermögen technisch-wissen[sch]aftlichen Zwecken zugeführt."

[2]) Antrag des Fränkisch-Oberpfälzischen Bezirksvereins: Festsetzung des Beitrages für die im Laufe des Jahres eintretenden Mitglieder (§§ 12 und 13).

Der Vorstandsrat beschloß, der Hauptversammlung [vor]zuschlagen, den §§ 12 und 13 der Satzung folgende [Fa]ssung zu geben (Änderungen gesperrt):

§ 12

Jedes Mitglied zahlt einen jährlichen Beitrag postfrei [an] die Kasse des Vereines.

Der Beitrag wird, falls er nicht schon vorher bezahlt [ist], nach dem 1. Dezember für das folgende Jahr durch [Po]stnachnahme erhoben.

Neueintretende Mitglieder zahlen, [we]nn der Eintritt in der zweiten Jahres[hä]lfte erfolgt, bei Verzicht auf die Lie[fe]rung der Zeitschrift im ersten Halb[ja]hr für das Eintrittsjahr den halben [Ja]hresbeitrag.

Als Tag des Eintritts gilt der Auf[na]hmetag.

Der Beitrag ist für das Jahr, in dem der Austritt er[fol]gt, voll zu entrichten.

In besonderen Fällen kann der Vorstand den Beitrag [stu]nden oder erlassen.

§ 13

Die Mitgliedschaft beginnt mit der Zahlung des Ein[tri]ttsgeldes und des ersten Beitrages oder Teil[be]itrages (§ 13 Abs. 3).

Weitere Anträge von Bezirksvereinen

Antrag des Fränkisch-Oberpfälzischen Bezirksvereins: Festsetzung des Eintrittsgeldes für besuchende Mitglieder.

In Ausübung der ihm durch Nr. 3 der Geschäftsordnung gegebenen Vollmacht faßte der Vorstandsrat folgenden Beschluß:

„Von besuchenden Mitgliedern wird zunächst nur die Hälfte der Eintrittsgebühr erhoben, die zweite Hälfte beim Übertritt zu den ordentlichen Mitgliedern.

Der zuständige Bezirksverein erhält von dem gezahlten Eintrittsgeld die Hälfte."

Antrag des Frankfurter Bezirksvereins: Veröffentlichung von Jahresberichten der Bezirksvereine in der VDI-Zeitschrift.

Der Vorstandsrat beschloß: In der VDI-Zeitschrift soll jährlich über die wissenschaftlichen Arbeiten der Bezirksvereine ein Jahresbericht veröffentlicht werden. Dieser Jahresbericht soll einen besonderen Teil des Geschäftsberichtes über die wissenschaftliche Tätigkeit des Gesamtvereins bilden. Es soll weiterhin überlegt werden, in welcher Form einmal im Jahr über die gesamte Tätigkeit der Bezirksvereine berichtet werden kann. In der Geschäftstelle wird ein Archiv für die Geschichte der Bezirksvereine eingerichtet.

Antrag des Hamburger Bezirksvereins: Stärkere Zusammenfassung der deutschen technisch-wissenschaftlichen Vereinsarbeit und Verminderung der Zahl technisch-wissenschaftlicher Zeitschriften.

Der Vorstandsrat hält es für erwünscht, daß in der weiteren Entwicklung eine stärkere Zusammenfassung des technisch-wissenschaftlichen Vereins- und Fachzeitschriftenwesens angebahnt wird.

Der Vorstand wird gebeten, in der nächsten Versammlung des Vorstandsrates zu berichten, welche Maßnahmen im Sinne des Hamburger Antrages ergriffen worden und welche Erfolge festzustellen sind.

Antrag des Teutoburger Bezirksvereins: Techniker im Auslandsdienst.

Der Vorstandsrat ersucht den Vorstand, gemeinsam mit den führenden Verbänden auf eine stärkere Heranziehung der Techniker zum Auslandsdienst hinzuwirken.

Bericht des Patentausschusses

Der Vorstandsrat nimmt von dem Bericht des Vorsitzenden des Patentausschusses über die Beratungen zu den bevorstehenden Änderungen des Patent- und Gebrauchsmusterschutz-Gesetzes Kenntnis und billigt die hierzu eingenommene Stellung des Patentausschusses.

Antrag des Hannoverschen Bezirksvereins: Geschäftsgang beim Reichspatentamt.

Der Vorstandsrat ersucht den Vorstand, die mit den zuständigen Behörden eingeleiteten Verhandlungen fortzuführen und dabei darauf hinzuwirken, daß unverzüglich wirksame Maßnahmen für eine Beschleunigung des Geschäftsganges im Reichspatentamt getroffen werden.

Handhabung der Leitsätze 3 und 4 für die Prüfung der Aufnahmegesuche

Der Vorstandsrat ist mit folgender Stellungnahme des Vorstandes einverstanden:

Der Vorstand sieht auch nach eingehender Prüfung keinen Anlaß, eine Änderung der bestehenden Leitsätze zu beantragen und muß sich vorbehalten, nach den ihm notwendig erscheinenden Richtlinien die Prüfung von Anträgen der nichtstaatlichen Schulen von Fall zu Fall vorzunehmen.

Zur Zeit kann der Vorstand eine generelle Anerkennung privater Schulen im Sinne von Leitsatz 3 nicht aussprechen.

Entwurf eines Reichsgesetzes zur Errichtung von Kammern der freien technischen Berufe

Der Vorstandsrat nimmt zu den Plänen, für freie technische Berufe Kammern zu schaffen, folgende Stellung

ein: Jede Regelung, die die Eignung zum Ingenieurberuf oder seine Ausübung an formale Vorbedingungen knüpft oder für einen engen Kreis von Fachgenossen Vorrechte schafft, bringt die Gefahr mit sich, daß die freie Entwicklung der deutschen Technik gehemmt und geschädigt wird, und muß daher abgelehnt werden. Eine solche Gefahr entsteht auch durch mittelbare Vorrechte, die sich aus der Mitgliedschaft zu einer Kammer ergeben können.

Der Vorstand wird gebeten, in diesem Sinne dahin zu wirken, daß die Bestrebungen zur Schaffung von Kammern für freie Berufe die gesunde Entwicklung der deutschen Technik nicht beeinträchtigen.

Dringlichkeitsantrag des Pfalz-Saarbrücker Bezirksvereins: Beitrag der Mitglieder zur Ingenieurhilfe

Der Vorstandsrat spricht sich dahin aus, daß die in Deutschland wohnenden Mitglieder mit dem Mitgliedsbeitrag für 1928 eine Mindestabgabe von 1 ℳ für die Ingenieurhilfe überweisen.

Geschäftliches

Rechnung des Jahres 1926, Bericht der Rechnungsprüfer

Der Vorstandsrat beschloß, der Hauptversammlung vorzuschlagen, die Rechnung des Jahres 1926 zu g nehmigen und dem Vorstand und der Geschäftsstelle E lastung zu erteilen.

Erhöhung des Tagegeldsatzes (Nr. 45 der Geschäftsordnung)

Der Vorstandsrat beschloß, den Tagegeldsatz v 20 RM auf 30 RM zu erhöhen.

Festsetzung des Beitrages für 1928 für d in Deutschland wohnenden Mitglied

Der Vorstandsrat setzte die Beiträge für die Deutschland wohnenden Mitglieder in der gleichen Hö wie für 1927 fest.

Überweisungen des Gesamtvereins an d Bezirksvereine

Der Vorstandsrat beschloß, den für 1927 geltend Beschluß bis einschließlich 1930 gelten zu lassen.

Haushaltplan 1927 und 1928

Der vorgelegte Haushaltplan wurde genehmigt.

Ort der Hauptversammlung 1928

Die Hauptversammlung 1928 wird am 10. Juni in Ess stattfinden.

Wahlen und Beschlüsse der 66. Hauptversammlung Mannheim-Heidelberg am 29. Mai 1927

Ehrungen

Die Hauptversammlung beschließt einstimmig, Se. Exzellenz Herrn Geheimen Rat Ing. Dr. Wilhelm Exner, Wien, und Herrn Kommerzienrat Dr. rer. pol. h. c. Hermann Röchling, Völklingen, zu Ehrenmitgliedern des Gesamtvereines zu ernennen.

Die Hauptversammlung beschließt einstimmig, Herrn Prof. Dr.-Ing. E. h. Hugo Junkers, Dessau, die Grashof-Denkmünze zu verleihen.

Bericht der Rechnungsprüfer — Genehmigung der Rechnung des Jahres 1926 — Entlastung des Vorstandes

Die Hauptversammlung genehmigt die Rechnung des Jahres 1926 und erteilt dem Vorstand und der Geschäftstelle Entlastung.

Wahl zweier Rechnungsprüfer und ihrer Stellvertreter für die Rechnung des Jahres 1927

Die Hauptversammlung wählt nach den Vorschlägen des Vorstandsrates zu Rechnungsprüfern die Herren Fabrikdirektor a. D. Joh. Körting, Düsseldorf, und Fabrikant Ad. Weismüller, Frankfurt a. M., zu Stellvertretern der Rechnungsprüfer die Herren Dipl.-Ing. Lind, Stuttgart, und Dipl.-Ing. Wildegans, Lübeck.

Änderungen der Satzung

Antrag auf Ergänzung des § 64 der Satzung: Verwendung des Vereinsvermögens bei Auflösung des V. d. I.

Die Hauptversammlung beschließt, dem § 64 der Satzung als Absatz 2 folgende Ergänzung hinzuzufügen: „Bei Auflösung des Vereines wird das vorhandene Vermögen technisch-wissenschaftlichen Zwecken zugeführt."

Antrag auf Änderung der §§ 12 und der Satzung: Festsetzung des Beitrag für die im Laufe des Jahres eintretend Mitglieder

Die Hauptversammlung beschließt, den §§ 12 und der Satzung folgende Fassung zu geben (Änderungen g sperrt):

§ 12

Jedes Mitglied zahlt einen jährlichen Beitrag postfr an die Kasse des Vereines.

Der Beitrag wird, falls er nicht schon vorher b zahlt ist, nach dem 1. Dezember für das folgende Ja durch Postnachnahme erhoben.

Neueintretende Mitglieder zahle wenn der Eintritt in der 2. Jahreshälf erfolgt, beim Verzicht auf die Lieferu der Zeitschrift im ersten Halbjahr für d Eintrittsjahr den halben Jahresbeitrag.

Als Tag des Eintritts gilt der Au nahmetag.

Der Beitrag ist für das Jahr, in dem der Austritt e folgt, voll zu entrichten.

In besonderen Fällen kann der Vorstand den Beitr stunden oder erlassen.

§ 13

Die Mitgliedschaft beginnt mit der Zahlung des Ei trittsgeldes und des ersten Beitrages oder Teilbe trages (§ 12 Abs. 3).

Entgegennahme und Besprechung des Berichtes über d Verhandlungen, Wahlen u. Beschlüsse des Vorstandsrat

Eine Zurückverweisung der Beschlüsse des Vo standsrates erfolgt nicht. Die Beschlüsse des Vorstand rates sind daher als endgültig anzusehen. [V 495]

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

3D. 71 SONNABEND, 11. JUNI 1927 NR. 24

Betriebstechnische Aufgaben in der Metallbearbeitung bei Kleinreihenfertigung

Von Dr.-Ing. H. Ludwig, Frankfurt a. M.

Die Fragen der Durchlaufgeschwindigkeit, des Einflusses der Stückzahl in der Fertigungsreihe (Serie), der Leistungsfähigkeit der Betriebe, der Fertigungskosten in der Kleinreihenfertigung, der am meisten verbreiteten Fertigungsart in der deutschen Maschinenindustrie, werden eingehend besprochen; auf die Zweckmäßigkeit wirtschaftlicherer Gestaltung der Betriebe unter Berücksichtigung des mengenmäßigen Erfolges wird hingewiesen.

n den schwierigen Zeiten der Absatzkrise und der mangelnden Wirtschaftlichkeit der Betriebe in der deutschen Maschinenindustrie während der letzten zwei ıhre ist man mit allen Mitteln bestrebt gewesen, neue erfahren anzuwenden, die die Fabrikation wieder wirthaftlicher gestalten sollten. Es war ganz natürlich, daß an amerikanische Großbetriebe als Musterbeispiele für e Erfolgwirtschaft ansah und versuchte, ihre Verhren auf deutschen Boden zu verpflanzen. Neue Schlagorte entstanden, die nicht nur in technischen Tagungen ıd Zeitschriften, sondern auch in politischen Tagesblätrn eifrig besprochen wurden. Die unbestreitbaren Erlge eines Ford gaben jedem Fabrikanten und Ingeeur wertvolle Anregungen, „sein System" zu studieren ıd ihm soweit wie möglich zu folgen. Es soll nicht geugnet werden, daß die offene Aussprache belebend und rdernd auf die sogenannte „Wiederankurbelung der utschen industriellen Wirtschaft" wirkte, und daß in ınchen Teilen der Industrie wirklich gute Erfolge mit r Fabrikation nach Fordschem Verfahren, d. h. bei ıssenfertigung und fließender Fertigung, erzielt worden ıd. Betrachtet man jedoch die deutsche Maschinendustrie als Ganzes und wägt vorsichtig den mengenißigen Erfolg ab, so muß man feststellen, wenn man cht Vogel-Strauß-Politik betreibt, daß die vielgepriener Umstellverfahren der Betriebe für die deutsche ıschinenindustrie, wenn auch nicht zu einem Mißerfolg, doch nicht zu dem Erfolg geführt haben, den man sich fangs versprochen hatte.

Zwei Gründe sind es hauptsächlich, die diese Wirng erzielt haben:

1. Der oft zu starke Einfluß der Vertreter des Kapitals in Verwaltung und Gestaltung der Betriebe und die Ausschaltung des vorsichtigen und verantwortungsbewußten, genau aufbauenden Ingenieurs, was sich oft zu den unsinnigsten und für die Erfolgwirtschaft geradezu katastrophalen Sparmaßnahmen am falschen Platz ausgewirkt hat,
2. die überhastete Einführung neuer Arbeitsverfahren, ohne den Boden dafür in den Betrieben genügend vorzubereiten und die äußeren und inneren Arbeitsbedingungen für die neue Fertigungsart sorgfältig genug zu ergründen.

Es soll nicht Aufgabe dieser Zeilen sein, auf den ten Fehler hier näher einzugehen, um so weniger, als n schon heute in weiten Kreisen der Wirtschaft die hängnisvolle Auswirkung erkannt hat; dagegen erheint es doch wichtig, die Eignung der Maschinenfertiıg für solche Umstellverfahren einmal näher zu ersuchen.

Die Größe des Erfolges ist bei jeder Umstellung der industriellen Fertigung von der Zeit abhängig, h.: Der Übergang auf andre Fabrikationsarten n sich erst nach einem entsprechenden Zeitablauf htig auswirken, auch wenn die Bedingungen für die neuen Verfahren vorhanden sind. Jedes sprunghafte Vorgehen dagegen wird zu einem Mißerfolg führen. Die amerikanischen Verfahren, die zum Erfolg geführt haben, waren die Typisierung und die Massenfertigung, wie sie nach heutigen Begriffen den erstrebenswerten Endzustand einer wirtschaftlichen Fabrikation darstellen.

Nun geht aber die natürliche Entwicklung der Fertigung in Maschinenfabriken von der Einzelfertigung über die Kleinreihen(serien)-Fertigung und die Großreihenfertigung zur Massenfertigung. Daher können nur die Betriebe, die bereits auf Großreihenfertigung arbeiten, mit sicherer Aussicht auf Erfolg auf Massenfertigung übergehen, abgesehen von solchen Betrieben, die etwa einen neuen, zugkräftigen Artikel gleich von Anfang an in großen Massen herstellen können. Für alle andern Betriebe liegt die Entwicklungsmöglichkeit noch in einem andern Zustand; dort müssen erst alle die Vorarbeiten geleistet werden, die für den Übergang auf den Endzustand unbedingt notwendig sind. Wie sieht aber die Zusammensetzung der Betriebe in der deutschen Maschinenindustrie bezüglich ihrer Fertigungsart aus? Wohl kaum 10 vH aller Maschinenfabriken verfügen über eine Großserien- oder Massenfertigung. Alle übrigen haben Einzel- oder Kleinserienfertigung. Man denke an die Werkzeugmaschinenfabriken, die Textil-, Lederbearbeitungs-, Papiermaschinenfabriken usw., aber auch an die Maschinenfabriken für Arbeitsmaschinen, wie Kompressoren, Ölmotoren, Kältemaschinen, Lokomotiven usw. Man wird selten Reihen mit Stückzahlen über 20 Stück bei diesen finden. Wenn man daher im ganzen nach Rationalisierung der deutschen Maschinenindustrie streben will, muß man in erster Linie die Arbeitsverfahren und Bedingungen in der Kleinreihenfertigung als der Vorstufe für die Großreihenfertigung untersuchen.

Da in den Begriffen über Fertigungsarten oft große Meinungsverschiedenheit vorhanden ist, sei betont, daß unter Reihenfertigung eine Fertigungsart verstanden wird, in der der Betrieb in bestimmten Zeitabständen kleinere oder größere Stückzahlen der Erzeugnisse herstellt, sie auf Lager legt und vom Lager verkauft, während bei Massenfertigung der Betrieb oder eine Betriebsabteilung auf längere Zeit nur auf die Fertigung eines Erzeugnisses unabhänig von der Stückzahl uhrwerkartig eingestellt wird, wobei ebenfalls vom Lager verkauft wird. Im Gegensatz dazu ist die Einzelfertigung eine Fertigung nur auf Kundenbestellung und unmittelbare Ablieferung der Ware an den Kunden. Spielt daher bei der Massenfertigung die Stückzahl der gleichzeitig hergestellten Stücke keine Rolle, so ist sie für die Reihenfertigung von ausschlaggebender Bedeutung; denn der Betrieb darf sich nur auf die vorgeschriebene Stückzahl einstellen und muß während oder sofort nach der Fertigung auch andre Erzeugnisse herstellen.

Für den Betriebsleiter entsteht daher die Aufgabe, einerseits den Zeitpunkt der Inangriffnahme der Ferti-

Abb. 1
Abhängigkeit der Fertigungskosten von der Stückzahl in der Serie

gungsarbeit im Betrieb mit Rücksicht auf die Fertigungszeit und anderseits die Stückzahl der gleichzeitig zu fertigenden Stücke unter Beobachtung der Lagerbestände

Abb. 2
Arbeitsablauf einer Fertigungsreihe in den verschiedenen Betriebsabteilungen

festzulegen. Für die Fertigungskosten ist es aber durch aus nicht gleichgültig, ob die Stückzahl in der Seri groß oder klein ist. Abb. 1 zeigt die Fertigungskosten i Abhängigkeit von der Stückzahl, und zwar so, da sie in Kosten für unmittelbare Bearbeitung (Arbeitskosten in Kosten für die Einrichtung des Betriebes oder der B triebsmittel für die betreffende Arbeit (Einrichtkosten) un in anteilige Gemeinkosten des Betriebes zerlegt sind. D Werkstoffkosten spielen dabei keine Rolle und könne

Abb. 3 und 4. Arbeitsablauf bei Artaufstellung der Betriebsmittel

Abb. 5 bis 7
Werkstättengestaltung bei Artaufstellung

…ßer Betracht bleiben. Die unmittelbaren Arbeitskosten …nd von der Stückzahl in der Fertigungsreihe insofern …hängig, als der Arbeiter infolge besserer Einarbeitung …i größeren Stückzahlen naturgemäß mehr leisten wird. …iese Mehrleistung ist mit 10 vH bei 25 Stück gegenüber …nem Stück angenommen. Dagegen beeinflussen die Ein…chtkosten den Stückpreis im umgekehrten Verhältnis der …ückzahl, während von den Gemeinkosten nur ein Teil …e nach Größe oder Schwere) von der Stückzahl abhängig …t. Im vorliegenden Fall betragen die Gemeinkosten etwa …0 vH der Fertigungskosten (Bearbeitungskosten zuzüg…h Einrichtkosten) und die Einrichtkosten etwa 150 vH …r unmittelbaren Bearbeitungskosten.

Man ersieht aus dem Verlauf der Kurven die außer…dentliche Bedeutung der Stückzahl in der Reihenfertigung, …e sich je nach Betriebeinrichtungen und Betriebgestal…ng noch in weit stärkerem Maß auswirken kann. Es …t also nicht gleichgültig, ob man die Stückzahl in der …rie willkürlich wählt, da sie in den unteren Grenzen …ispielsweise zwischen 10 und 5 im vorliegen…n Falle schon Kostenunterschiede von 13 vH, …vischen 5 und 2 von 38 vH, zwischen 3 und 1 …n 66 vH, zwischen 10 und 1 sogar von 120 vH …wirkt. Anderseits erkennt man den in dieser …ziehung außerordentlich günstigen Einfluß …ößerer Stückzahlen; denn während bei einer …ückzahl der Reihe von 10 die Einricht…sten je Stück noch etwa 10 vH ausmachen, …ielen sie bei 100 Stück mit 1 vH Anteil schon …st keine Rolle mehr. Dieser große Einfluß …r Stückzahl führt dazu, grundsätzlich Unter…hiede zwischen einer Kleinreihen- und einer …oßreihenfertigung zu machen; die obere …enze wird bei der Kleinreihenfertigung je …ch Eigenart des Betriebes und seiner Erzeug…sse bei 25 bis 50 Stück liegen, d. h. dort, wo …r Einfluß der Einricht- und Gemeinkosten auf … Fertigungskosten noch beachtenswert ist. …r Betriebsleiter wird also bei der Vorgabe …r Arbeit bezüglich der Stückzahl in der …r o ß r e i h e unbeschränkt walten können, …hrend er bei Änderungen der Stückzahl in …r Kleinreihe außerordentlich vorsichtig sein …ß.

Wie bei der Massenfertigung und der Groß…henfertigung die Durchlaufzeit der Waren …rch den Betrieb eine außerordentlich wich…e Rolle spielt, und zwar nicht nur bezüglich …r raschen Liefermöglichkeit, sondern auch …r geringen Kapitalbeanspruchung, so hat sie auch für die Kleinreihenfertigung eine mindestens ebenso wichtige Bedeutung. In Abb. 2 ist der Arbeitsablauf einer Serie in den verschiedenen Betriebsabteilungen aufgetragen. Man sieht, daß im Anfang der Fertigung die Arbeitskosten in allen Abteilungen sehr rasch ansteigen, bald einen Höhepunkt erreichen und dann langsam, zum Schluß sehr langsam, abnehmen. Der zum Schluß schleppende Gang der Fertigung liegt naturgemäß an der Betriebsorganisation; denn es ist nicht einzusehen, warum nicht auch im Fertigbau mit derselben Geschwindigkeit gearbeitet werden kann, wie in den Vorwerkstätten. Hier liegt daher die Möglichkeit, durch entsprechende Betriebsänderung wesentlich zur Arbeitsbeschleunigung beizutragen, wodurch im vorliegenden Beispiel die Arbeitzeit auf etwa 60 vH der ursprünglichen beschränkt werden konnte. Die Möglichkeit einer Arbeitzeitverkürzung ist aber auch aus dem Arbeitsablauf, wie er in Abb. 3 und 4 dargestellt ist, deutlich zu erkennen. Es zeigt sich nämlich, daß meist die unmittelbare Arbeitzeit nur der geringste Anteil der Fertigungszeit ist, während die übrigen Zeiten tote Zeiten, Lagerzeiten und Förderzeiten sind.

Der Betrieb muß daher so eingerichtet werden, daß man auch bei der Kleinreihenfertigung einen möglichst ununterbrochenen Arbeitsgang erreicht, daß der Förderweg von einem Arbeitsplatz zum andern auf das geringste Ausmaß beschränkt wird, daß jede Zwischenlagerung in Magazinen usw. vermieden und daß Vorsorge getroffen wird, auch räumlich einzelne Bearbeitungsmaschinen unmittelbar hintereinander schalten zu können. Dies ist möglich, wenn man von der alten Werkstättengestaltung und -einteilung der Betriebe abgeht, Abb. 5 und 7, und die Bearbeitungsmaschinen nur nach ihrem Zweck im Bearbeitungsgang hintereinander aufstellt[1]). Das alte Verfahren der allgemeinen Zusammenfassung gleichartiger Werkzeugmaschinen, die sogenannte „Artaufstellung", bezweckte, wirtschaftliche Fertigung am einzelnen Stück zu erreichen, vernachlässigte aber die mittelbaren Kosten, die Arbeitsgeschwindigkeit und die Durchlaufzeit; dagegen hat die „Zweckaufstellung" der Betriebsmittel, Abb. 8 bis 11,

[1]) Siehe auch den Aufsatz des Verfassers: „Die Umstellung metallbearbeitender Betriebe mit Kleinserienfertigung", „Maschinenbau" Bd. 5 (1926). S. 729.

Abb. 8 bis 10
Werkstättengestaltung bei Zweckaufstellung

Abb. 11
Arbeitsablauf bei Zweckaufstellung der Betriebsmittel (vergl. Abb. 3)

d. h. ihre Aufstellung im Arbeitsfluß dort, wo die Maschine im Anschluß an den vorhergehenden Arbeitsgang gebraucht wird, den Vorteil, jede unnötige Beförderung zu vermeiden und die Durchlaufgeschwindigkeit zu erhöhen, wenn auch gewisse Nachteile bezüglich schlechterer Maschinenausnutzung sowohl in der zahlenmäßigen Ausbeute wie hinsichtlich der Güte in den Kauf genommen werden müssen. Es hängt nur von der Eigenart der Fabrikation ab, wann und wieweit eine derartige Umstellung der Betriebsmittel von Vorteil sein wird.

Eine so erzielte Verkürzung der Fertigungszeit im Betrieb hat aber auf die Beweglichkeit und die Anpaßfähigkeit des Betriebes an die Forderungen der Kundschaft und an den Beschäftigungsgrad des Betriebes einen außerordentlich großen Einfluß. In Abb. 12 ist aus einem bekannten Betriebe der Auftragseingang für eine Type (der Betrieb fertigt etwa 150 Typen gleichzeitig in Reihen von 2 bis 20 Stück!) im Verlauf eines Jahres und in Abb. 13 die Zahl der Reihen und ihre Stückzahlen vom Beginn bis zur Fertigstellung eingetragen. Die Fertigungszeit betrug vor der Umstellung im Mittel vier Monate. Der Betriebsleiter mußte daher vier Monate vorher veranschlagen, wieviel Stücke er unter Beobachtung der vorliegenden Absatzmöglichkeit und des Versandes in Arbeit nehmen mußte. Er konnte dabei nichts andres tun, als den Verlauf der Auftrageingangskurve, Abb. 12, genau zu beobachten und anzunehmen, daß diese in derselben Richtung in den nächsten vier Monaten weiterlief. Da dieses naturgemäß nur in den seltensten Fällen eintreffen konnte, mußte er, wenn der Verlauf flacher war, d. h. wenn weniger Aufträge je Zeiteinheit einliefen, zu viel oder, wenn sie steiler abfiel, zu wenig fabriziert haben; der letzte Fall ist der unangenehmere, da dann der Kunde auf die Ware warten muß.

Nach der Umstellung gelang es, dies Erzeugnis in etwa zwei Monaten im Betriebe zu fertigen. Bei gleicher Auftrageingangskurve würde dann der Arbeitsablauf d einzelnen Fertigungsreihen nach Abb. 14 erfolgen. U zweifelhaft ist der Betriebsleiter bei einer Frist von n zwei Monaten in der Lage, sich schneller der G schäftslage anzupassen und von einem schablonenmäßig Arbeiten, zu dem er bei einer viermonatigen Fertigung zeit gezwungen war, abzusehen; die Kurven zeigen, w die Kundschaft hierbei nur bei einer ganz geringen Stüc zahl auf Lieferung warten muß, während der Betrieb b der größten Zahl rechtzeitig vor Anforderung durch d Kundschaft die Ware liefern kann. Der Betriebsleit kann sogar in diesem Falle von einer geringeren Stüc zahl in der Serie auf eine höhere übergehen, wobei si die Fertigungszeit nicht in demselben Maße wie die Stüc zahl zu erhöhen braucht. In Abb. 15 ist die Stückzahl d Fertigungsreihe von 10 auf 20 erhöht; die Fertigungsz hat sich von zwei auf drei Monate erhöht. Der Betri wird hierbei allerdings die Ware längere Zeit nach Fe tigstellung auf Lager liegen haben, aber die Serienzahl i Jahr verringert sich auf die Hälfte, so daß in der übrig Zeit andere Typen gefertigt werden können. Außerde werden die wesentlich geringeren Kosten der Fertigu bei weitem nicht durch die Zinsen des lagernden Ka tals aufgehoben. Der Betrieb wird auch imm um so billiger arbeiten, je weniger verschiedene Typ er gleichzeitig bearbeiten muß, weil sich dadurch d Betrieb viel ruhiger abwickelt. Es ist also imm zu empfehlen, soweit es die Absatzverhältnisse irge zulassen, die Stückzahl in der Reihe möglichst gr und die Fertigungszeit der Reihe möglichst kurz halten, dann wird es dem Betrieb möglich sein, auch b der an und für sich ungünstigen Fertigungsart der Klei reihenfertigung doch so günstig wie möglich zu arbeite

Die Frage der Fertigungskosten spielt naturgem die gleiche Rolle, wie bei der Großreihen- und Masse fertigung; sie ist aber weit schwieriger einwandfrei lösen, weil in derartigen Betrieben sehr viele Kostenträg gleichzeitig vorhanden sind, auf die die Gemeinkosten nic immer mit der nötigen Genauigkeit anteilmäßig verte werden können. Würde man dauernd eine genaue Erfa sung aller Einzelkosten durchführen, so würde diese A beit im Hinblick auf den Erfolg viel zu teuer werde Anderseits ist aber eine richtige Kostenrechnung für d Verkaufspolitik nicht zu unterschätzen; denn nur bei ei wandfreier Kenntnis der Selbstkosten kann der Verkäuf gegenüber den Mitbewerbern bis an die Grenze des Mö lichen gehen und Aufträge hereinholen, die als Einze geschäft vielleicht verlustbringend, als Unkostenträger b

Abb. 12
Schaubild der Auftragseingänge

Abb. 13
Termin-Schaubild. Lange Fertigungszeit. Kleine Serien

Abb. 14
Termin-Schaubild. Kurze Fertigungszeit. Kleine Serien.

Abb. 15
Termin-Schaubild. Kurze Fertigungszeit. Große Serien.

Abb. 16
Industrielle Kostenverteilung. Abteilung Hobelei.

chlechtbesetztem Betriebe jedoch erfolgversprechend sein önnen. Man kann sich dadurch helfen, daß man die geaue Kostenverteilung in den einzelnen Betriebsabteiıngen nur von Zeit zu Zeit ermittelt, Abb. 16; bei leichmäßiger Betriebsbesetzung und bei gleichen Erzeugissen wird sich der mengenmäßige Einfluß der einzelnen emeinkosten auf die Gesamtkosten für bestimmte Zeitbschnitte wenig ändern. Geschieht dies nacheinander in en verschiedenen Betriebsabteilungen, so kann man mit leichbleibenden Unkostenzuschlägen ohne allzu große ehler rechnen.

Ganz besonders ist jedoch die Wertigkeit der einelnen Kostenarten für das Fertigerzeugnis zu beachten. 'eilt man alle Kosten, wie bekannt, in solche für unittelbare Löhne (produktive Löhne) in Gemeinkosten es Betriebes und in Handlungskosten ein, so erhält man, bgesehen von den Rohstoffkosten, folgende Kostenverilung:

15 bis 30 vH unmittelbare Löhne,
40 bis 60 vH Betriebsgemeinkosten,
20 bis 40 vH Handlungskosten.

Diese Verteilung wird sich in den verschiedenen Beieben je nach Organisation, Fertigungsart, Typenzahl nd Größe der Erzeugnisse sowie Umfang der Vertriebsbteilung in den genannten Grenzen bewegen. Zerlegt ıan die Kosten der unmittelbaren Löhne weiter in Kosten, ie nur für die tatsächliche Formung (Maschinenkosten) nd in Kosten, die für Vorbereitung, Einrichtung, Überachung, Werkzeugwechsel, Maschinenschaltung (Handosten) aufgewandt werden, so betragen im allgemeinen ie Maschinenkosten nur 50 vH der unmittelbaren Löhne, so nur 7 bis 15 vH der gesamten Fertigungskosten (ohne laterialkosten!). Daraus folgt, daß in Maschinenfabriken ie Bearbeitungsgeschwindigkeit an der Werkzeugmaschine von allen die Wirtschaftlichkeit beeinflussenden Faktoren die geringste Rolle spielt. Für die wirtschaftlichere Gestaltung des Betriebes wird daher die Verbesserung der Organisation, des Förderwesens und aller Einflüsse, die die Unkosten des Betriebes belasten, zunächst einen mengenmäßig viel größeren Erfolg haben, als die Verbilligung der unmittelbaren Bearbeitung der Werkstücke durch Erhöhung der Maschinengeschwindigkeit oder der Maschinenleistung.

Eine weitere sehr wichtige Frage in der Kleinreihenfertigung ist die jederzeitige Kenntnis der Beschäftigungsmöglichkeit des Betriebes für die einzelnen Erzeugnisse, damit der Betriebsleiter in der Lage ist, sichere Maßnahmen zu treffen und sich nicht von einer Überlastung einzelner Betriebsabteilungen überraschen zu lassen. Die Leistungsmöglichkeit für ein Erzeugnis wird bedingt durch die Leistungsfähigkeit der in Betracht kommenden Maschinen und die Höhe der voraussichtlichen Lohnkosten. Arbeitsvorbereitungs- und Kalkulationsbureaus sind daher in Betrieben mit größerer Anzahl von Erzeugnissen die wichtigsten Werkzeuge für den Betriebsleiter, wenn er die genügende Sicherstellung des terminmäßigen Arbeitsablaufes für jedes einzelne Erzeugnis und aller seiner Teile haben will. Die Beschäftigungsmöglichkeit des Betriebes wird auf Grund der Leistungsfähigkeit aller einzelnen Betriebsmittel und der vorhandenen Arbeitskräfte festgestellt, wobei als Maß entweder die Lohnkosten oder noch besser, nachdem heute überall der Zeitakkord eingeführt ist, die Arbeitzeiten dienen. Fortlaufend geführte Kurven über Auftragseingang, Beschäftigungsmöglichkeit nach Arbeitskräften und Betriebsmitteln setzen dann den Betriebsleiter in die Lage, bei Anfragen

Abb. 19
Auftragseingang vom 1. Januar 1920 und 1921 ab im Vergleich zur Leistungsfähigkeit

Abb. 17
Leistungsplan für mittlere Fräsbänke in Akkordzeiten

Abb. 18
Leistungsplan für Schlosser in Akkord und Zeiten

Schaftfräser

Formfräser

erster Arbeitsgang zweiter Arbeitsgang

Bearbeitung mit normalem Schaftfräser

Bearbeitung mit Formfräser

Abb. 20 bis 23
Berechnung von Fräsakkorden. Lagerdeckel aus Stahl (allseitig bearbeitet)

Profilfräsen (Senkrecht-Fräsmaschine Type W)	Profilfräsen (Wagerecht-Fräsmaschine Type R)
1 Mann 1 Maschine	1 Mann 2 Maschinen
1 Arbeitstunde kostet 1,30 ℳ	1 Fräserstunde kostet 0,86 ℳ
Einrichtezeit 45 min	Einrichtezeit 45 min
Aufspannzeit 20 „ } 100 min	Spannzeit 4 „ } 68 min
Bearbeitungzeit 80 „ (2 Schnitte)	Bearbeitungzeit 64 „ (je 2 Schnitte)
	Kosten von 2 Profilfräsern = 67 ℳ

Kosten für 1 Stück bei gleichzeitiger Anfertigung von n Stück

$$\frac{0{,}97 + 2{,}17 + 15\,\frac{0{,}97 + 2{,}17\,n}{100}}{n} \qquad \frac{0{,}64 + 0{,}97\,n + 67}{n}$$

Normal-Werkzeugkosten = 15 vH der produkt. Löhne

Bei $n = 43$ sind die Kosten bei beiden Arbeitsverfahren gleich.
Bei Stückzahl bis 43: Bearbeitung mit normalem Schaftfräser.
Bei Stückzahl über 43: Bearbeitung mit Formfräser.

Werkstoff: S.-M.-Stahl

Bearbeitung	Einrichtungszeit	Spannzeit	Bearbeitungszeit	Stückpreise 1		für Stückzahl 100		Bemerkungen
	min	min	min	ℳ	₰	ℳ	₰	
8 Loch 13 mm bohren angezeichnet; ohne Bohrlehre, mit einspindeligem Bohrkopf	7	1	16	–	71	–	56	einschließlich des Anzeichnens für jedes Stück von 0,18 ℳ
mit Bohrlehre, mit einspindeligem Bohrkopf	10	2	14			–	45	einschließlich Fertigungskosten der Bohrlehre von 10,– ℳ
mit Bohrlehre, mit mehrspindeligem Bohrkopf	40	2	6			–	28	einschließlich Fertigungskosten der Bohrlehre von 10,– ℳ

Abb. 24 bis 26
Berechnung der Bohrzeiten und Akkordsätze eines Verbindungsstückes

der Kundschaft sofort zu übersehen, ob rechtzeitige Lieferung möglich ist, Abb. 17 bis 19.

Schließlich ist auch in der Kleinreihenfertigung die Frage bester Arbeitsverfahren nicht als nebensächlich zu behandeln. Man findet oft, wenn man die unzweckmäßigen Arbeitsverfahren in Betrieben bemängelt, die Meinung vertreten, daß bei der geringen Stückzahl sich bessere Arbeitsverfahren nicht lohnen. Nur die richtige Rechnung kann jedoch entscheiden, ob diese Ansicht begründet ist. In vielen Fällen liegt die Grenze, in der wirtschaftlichere Arbeitsverfahren angewendet werden können, schon bei sehr niedrigen Stückzahlen. Abb. 20 bis 30. Zum Beispiel zeigen Abb. 27 bis 30, daß in der Gewindebearbeitung schon bei der Fertigung von nur einem Stück (gängige Ware vorausgesetzt) die Gewindefräsmaschine wirtschaftlicher arbeitet als die Drehbank;

auf Drehbank | auf Gewindefräsmaschine

zweifaches Rechtsgewinde, Steigung 28 mm

Abb. 27 bis 30
Berechnung von Gewindefertigung

Gewindeschneiden auf Drehbank Type F	Gewindefräsen auf Gewindefräsmaschine Type W
1 Mann 1 Maschine	1 Mann 2 Maschinen
1 Dreherstunde kostet 1,60 ℳ	1 Fräserstunde kostet 0,82 ℳ
Einrichtezeit 55 min	Einrichtezeit 130 min
Spannzeit 4 „ } 349 min	Spannzeit 6 „ } 128 min
Arbeitzeit 345 „	Arbeitzeit 122 „

Kosten für 1 Stück bei n Werkstücken

$$\frac{1{,}46 + n \cdot 9{,}30}{n} \qquad \frac{1{,}78 + n \cdot 1{,}75}{n}$$

$n = 1$

Fertigungspreis 10,76 ℳ | Fertigungspreis 3,53 ℳ

doch findet man heute noch in Deutschland große M schinenfabriken, die nicht eine einzige Gewindefrä maschine in ihrem Maschinenbestand haben und gro Mengen von Gewindeteilen unwirtschaftlich auf der Dre bank bearbeiten. Bei Sonderwerkzeugen und Vorric tungen darf man allerdings nicht den Fehler begehe ihre Anschaffungskosten schon bei der ersten Fertigung reihe abschreiben zu wollen; da die Reihen sich imm wiederholen, empfiehlt es sich, die voraussichtliche Stüc zahl in den nächsten 2 bis 4 Jahren der Kalkulation z grundezulegen und für diese die Anschaffungskosten abz schreiben. Dann aber kann man auch bei ganz gering Stückzahlen in der Einzelreihe oft die für Großreihe fertigung gültigen Arbeitsverfahren mit Erfolg anwende

So bieten sich auch bei der zunächst unwirtschaf lich erscheinenden Betriebsart der Kleinreihenfert gung sehr viele Möglichkeiten, die Betriebe auf wir schaftlichere Fabrikation und bessere Erfolgwirtscha umzustellen. Allerdings wird auch hier eine Unsumm von Kleinarbeit geleistet werden müssen, die das Wes jeder Rationalisierung ist. Richtet man dabei immer de Blick auf den mengenmäßigen Enderfolg, gemessen a Ganzen, und geht bei der Umstellung nach und nach vo unter Berücksichtigung der Wertigkeit der einzelne Faktoren, die die Wirtschaftlichkeit am stärksten beei flussen, so wird auch hier der Erfolg nicht ausbleibe Ein schroffer Übergang zur Großreihenfertigung, oh das Absatzgebiet genügend zu beherrschen und die da notwendigen Betriebsbedingungen sichergestellt zu habe wird immer zu einem Mißerfolg führen. Die Beeinflu sung der Kundschaft und Hebung der Kaufkraft von d Erzeugerseite aus durch Übererzeugung billiger Wa gleicher Art, wie dies der Erfolg eines „Ford" war, lasse sich wohl auf die uniforme Einstellung des Amerikane anwenden; deutschen Verhältnissen werden sie bei d bekannten persönlichen Eigenart des Deutschen schwe lich anzupassen sein. Die Kleinreihenfertigung wird d her auch in Zukunft die gebräuchlichste Fertigungsart i deutschen Maschinenbetrieben bleiben; Sache ihrer Führe wird es sein, ihre wirtschaftlichen Möglichkeiten zu e kennen und sie mit Erfolg anzuwenden. [B 336]

Die Kurbelkastenspülung eines Zweitaktmotors[1])

Von Dipl.-Ing. Otto Holm, Hamburg

Versuche an einem Zweitaktmotor mit Kurbelkastenspülung — Einfluß der planmäßigen Aenderung der Spül- und Auspuffschlitzhöhen auf den Spülvorgang auf gasanalytischer Grundlage — Die besten Ergebnisse erzielt man bei Verhältnissen, die von den üblichen abweichen

Die bei kleinen Zweitaktmotoren übliche Kurbelkastenspülpumpe steht allgemein in dem Ruf, einen sehr schlechten volumetrischen Liefergrad zu haben. Begründet wird das mit den großen schädlichen Räumen des Kurbelkastens, die bestenfalls das Vier- bis Fünffache des Hubvolumens betragen und bis zu einem gewissen Grade durch die Bauart bedingt sind. Zahlen über Liefergrade der Spülpumpen auf Grund von Versuchen findet man kaum. Die Unsicherheit in bezug auf die Lieferleistung der Spülpumpe wirkt sich auf die Bemessung der den Arbeitsvorgang steuernden Spül- und Auspuffschlitze aus. Man findet hier noch große Unterschiede.

Ich habe deshalb den Einfluß der Abmessungen der Spül- und Auspuffschlitze auf den Gütegrad der Spülung eingehend untersucht. Für diesen Zweck stand ein 15 PS-Glühkopfmotor zur Verfügung. Es sei hier gleich darauf hingewiesen, daß das Arbeitsverfahren des Versuchsmotors für die Beurteilung der gewonnenen Ergebnisse ziemlich belanglos ist. Bei Versuchen an einem kompresserlosen Zweitakt-Dieselmotor hätte sich das Bild der Ergebnisse kaum verschoben, wie einige Kontrollversuche an einem solchen Motor bewiesen haben.

Versuchsanordnung

Außer den üblichen Temperaturmessungen, die zur Überwachung des Beharrungszustandes während der Versuche unerläßlich sind (am Ein- und Austritt des Kühlwassers, Spülluft, Auspuff, Glühkopf), mußten laufend die Größen gemessen werden, aus denen man die Zusammensetzung und möglichst auch das Gewicht der Gasladung im Zylinder unmittelbar vor Beginn und nach Beendigung der Spülung berechnen kann. Zu diesem Zweck wurden im Zylinder und im Auspuffkanal Entnahmestellen für Gasproben, Abb. 1, angebracht, die durch Ventile gesteuert wurden.

Der Antrieb der Ventile ist in Abb. 2 dargestellt. Durch seitliches Verschieben des Rollenhebels konnte man mit einem einfachen Handgriff jeden von fünf nebeneinander auf der Motorwelle sitzenden Antriebnocken zum Eingriff bringen und so Gasproben bei demselben Versuch in fünf verschiedenen Zeitpunkten des Arbeitsvorganges entnehmen. Die Dauer der Gasentnahme entsprach etwa 6° Kurbelwinkel. Außer den gesteuerten Ventilen war noch ein Rohr zur ungesteuerten Entnahme von Gasproben in den Auspuffkanal eingebaut. Die angesogene Luftmenge wurde mittels eines Flügelradgeräts gemessen, Abb. 3 und 4. Zur Dämpfung der Druckschwankungen in der Saugleitung war ein Ansaugtopf von 2 m³ Inhalt eingeschaltet. Um an verschiedenen Versuchstagen mit möglichst geringem Zeitverlust stets wieder den gleichen Wärmezustand des Motors herstellen zu können, konnte man die Kühlwassermenge mit Hilfe eines Staurohrmessers mit unmittelbarer Ablesung genau einstellen. Die Leistung wurde mittels einer Wasserbremse und eines Umdrehungszählers laufend bestimmt. Die Brennstoff-Meßvorrichtung, Abb. 5, mit acht in die Meßgläser eingehängten Nadeln, deren nacheinander aus dem absinkenden Brennstoffspiegel austauchende Spitzen genau gleiche senkrechte Abstände haben, ermöglicht mit Hilfe einer Doppelzeiger-Stoppuhr sehr genaue, ununterbrochene Messungen ohne Störung der übrigen Beobachtungen.

[1]) Auszug aus einer von der Technischen Hochschule Danzig genehmigten Dissertation. Der volle Wortlaut erscheint in der Zeitschrift „Autotechnik" Bd. 16 (1927) Heft 7.

Abb. 2
Antrieb der Entnahmeventile
a Gasentnahmeventil am Auspuffrohr
b oberes Gasentnahmeventil
c unteres „

Abb. 1
Entnahmeventil für Gasproben

Abb. 3 und 4
Messung der angesogenen Luftmengen

Luftmessung

Es hätte nahe gelegen, die Luftmengen mittels einer Normaldüse oder Stauscheibe vor dem Ausgleichbehälter zu messen. Für die Messung des Unterdrucks war am An-

Abb. 5
Brennstoff-Meßvorrichtung

saugtopf ein U-Rohrmanometer angebracht. Um mit Staudruckgeräten einigermaßen genaue Messungen ausführen zu können, hätte man aber im Ansaugtopf rd. 200 mm W.-S. Unterdruck in den Kauf nehmen müssen. Das war sehr unerwünscht und wäre nicht ohne Rückwirkung auf die angesogenen Luftmengen und damit auf die Motorleistung und die sonstigen Betriebseigenschaften geblieben. Die Saugventile der Spülpumpe bedingen nur Unterdrücke von rd. 0,02 bis 0,04 at = 200 bis 400 mm W.-S. während des Saughubes. Da schon geringe Unterschiede im Saugventilwiderstand erfahrungsgemäß wesentlichen Einfluß auf die Motorleistung ausüben, mußte ein Meßgerät mit möglichst geringem Durchflußwiderstand benutzt werden.

Daher wurde das Windflügelgerät gewählt, Abb. 3. Die im gleichförmigen Luftstrom ermittelte Eichkurve, Abb. 6, dieses Gerätes zeigt, daß das zwischen Steinen gelagerte Windrädchen, das seine Bewegung auf ein Zählwerk überträgt, praktisch ohne Reibung läuft. Der Bewegungswiderstand entspricht nur einem Druckabfall von 1 bis höchstens 2 mm W.-S. bei voller Motordrehzahl.

Trotz des Ansaugtopfes war es nicht möglich, Schwankungen von Druck und Geschwindigkeit der durch das Instrument strömenden Luft ganz zu vermeiden. Versuche ergaben, daß das Windrädchen bei gleicher Luftmenge in der Zeiteinheit im pulsierenden Luftstrom schneller als im gleichförmigen lief, also zu große Werte anzeigte. Der jeweilige Fehler der Luftuhr konnte nur ermittelt werden, wenn es gelang, die Luftschwankungen im Gerät zu dämpfen, so daß man seine Anzeigen im gleichförmigen Luftstrom mit den Anzeigen im ungleichförmigen Luftstrom vergleichen konnte.

Zu diesem Zweck wurden zwischen Luftuhr und Ansaugtopf gelochte Bleche als Drosselmittel eingeschaltet; diese mildern die Luftschwankungen, ohne den Verlauf der Strömung beim Durchgang durch das Gerät wesentlich zu beeinflussen, wie besondre Eichversuche bewiesen haben. Von einem gewissen Unterdruck im Ausgleichbehälter an stimmten die Anzeigen der Luftuhr mit Ergebnissen von Stauscheiben, für die Müller[2]) die Durchflußzahl ermittelt hat, überein. Von diesem Druck an waren also die Schwankungen der Luftgeschwindigkeit so klein, daß sie die Anzeigen der Luftuhr praktisch nicht mehr beeinflußten.

Trägt man die Ergebnisse der Versuche mit verschiedenen Drosselblechen, die mit 113 über die ganze Fläche gleichmäßig verteilten Löchern versehen waren und die sich nur durch die Größe, nicht durch die Lage der Löcher unterscheiden, bei einer gegebenen Motordrehzahl auf, Abb. 7, so kann man daraus den Anzeigefehler der Luftuhr ohne Drosselblech auf Grund folgender Überlegung ablesen: Von einem Unterdruck an, bei dem der Einfluß der Luftschwankungen auf die Anzeige praktisch verschwindet, zeigt die Linie nur noch die Abnahme des volumetrischen Liefergrades der Spülpumpe bei weiter zunehmendem Unterdruck. Extrapoliert man deshalb auf dieser stetig und fast gerade verlaufenden Linie über den Anfangspunkt nach links hinaus einen Abszissenwert, der dem Zustand ohne Drosselblech entspricht, so gibt die zugehörige Ordinate mit großer Annäherung die Luftmenge an, die hierbei angesogen wird. Das Verhältnis dieser Luftmenge zu der auf Grund der Eichlinie aus der Anzeige im ungleichförmigen Luftstrom berechneten ist die Berichtigungszahl, mit der die Anzeigen vervielfacht werden müssen. Sie ist < 1, hängt von der Drehzahl ab und nähert sich bei unendlicher Drehzahl asymptotisch dem Wert 1.

Abb. 7 zeigt die beschriebene Ermittlung des Berichtigungswertes für die Motordrehzahl 453 Uml./min. Der Wert ist $\frac{RQ}{RP} = 0{,}945$. Punkt P' ergab sich bei einem Kontrollversuch. Die durch ein × bezeichneten Punkte sind au[s] Versuchen mit Stauscheiben berechnet. Sie streuen stärke[r] als die Ergebnisse des Windmessers.

Auf diese Weise wurden die Berichtigungswerte de[r] Luftuhr im gesamten Drehzahlbereich der Versuche fü[r] fünf Drehzahlen bestimmt, Abb. 8. Wie zahlreiche, sorg[-] fältig ausgeführte Nachmessungen ergaben, muß man be[i] Luftmengenmessungen mit Fehlern bis zu 3 vH rechnen.

[2]) A. O. Müller, Messungen von Gasmengen mit der Drosselscheibe, Forschungsarb. Heft 48.

Abb. 6
Eichlinie der Luftuhr

Abb. 7
Luftmessungen mit verschiedenen Drosselblechen und Stauscheiben bei 453 Uml./min

Entnahme und Auswertung der Gasproben

Aus der Analyse von Gasproben, die unmittelbar vo[r] Beginn und nach Beendigung des Spülvorganges aus de[m] Zylinder entnommen werden, kann man den Wirkungsgra[d] der Spülung, d. h. den Anteil der reinen Spülluft in der Ladun[g] berechnen. Hierbei muß man das Verbrennungswasser au[f] Grund der Elementaranalyse des Brennstoffes (für Gasöl 86,82 vH C; 13,18 vH H_2; 0 vH O_2; 0 vH S_2) berücksich[-] tigen. Die Berechnung der nutzbaren Spülluftmenge un[d] des Gütegrades der Spülung geht vom Brennstoffverbrauc[h] und der angesogenen Luftmenge als den einzigen gemesse[-] nen Größen aus.

Bemerkenswert ist, daß im Rohölmotor auch bei Über[-] lastung und stark rauchendem Auspuff kein oder fast kei[n] Kohlenoxyd gebildet wird. Der Brennstoff zerfällt schein[-] bar bei Luftmangel unter Rußbildung und entweicht i[n] Dampfform zum großen Teil unverbrannt aus dem Auspuff[-] rohr. Das macht es leider unmöglich, vor allem die nutz[-] bare Spülluftmenge zuverlässig zu berechnen, da man de[n] entweichenden Brennstoffdampf weder mit den Gasanalyse[n] noch anderweitig erfassen kann. Die Ergebnisse sind des[-] halb nur obere Grenzwerte. Bei rauchloser Verbrennun[g] kommen die wahren Werte ihnen nahe oder sie sind ihne[n] gleich, bei rauchendem Auspuff bleiben sie dahinter zurück. Dagegen läßt sich nachweisen, daß die berechneten Wir[-] kungsgrade der Spülung praktisch auch dann mit den wirk[-] lichen übereinstimmen, wenn erhebliche Mengen unver[-] brannter Bestandteile von der Analyse nicht erfaßt werden.

Die Entnahme der Gasproben erfordert große Sorgfal[t] und monatelange Übung. Durch Proben aus dem Gasstro[m] des Auspuffkanals konnte der Nachweis geführt werden, da[ß] die an den Zylinderwänden entnommenen Proben der mitt[-] leren Zusammensetzung der Verbrennungsgase im Kern de[r] Ladung genügend genau entsprachen.

Einteilung der Versuche

Die erste Gruppe der Versuche sollte von den in un[-] vermeidlicher Wechselwirkung stehenden Größen möglichs[t] nur den Einfluß der Höhe der Spülschlitze, die zweite nu[r] den Einfluß der Höhe der Auspuffschlitze auf den Spülvor[-] gang klären. Die Spül- und Auspuffschlitze waren be[i] allen Versuchen 140 mm breit. Die Versuche der dritte[n] und vierten Gruppe gaben Aufschluß über den Einflu[ß]

Abb. 8
Berichtigungswerte für verschiedene Drehzahlen

Abb. 9 bis **14**

Abb. 15 bis **18**

Abb. 9 bis **18.** Änderung der Schlitze durch Füllstücke

	I. Gruppe							
Vers.-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Füllstücke	*AF*	*AG*	*BF*	*BG*	*AF*	*BF*	*CG*	*CF*
Vers.-Reihe	2	2	2	2	1	1	2	2
	II. Gruppe							
Vers.-Nr.1		5	9	2	10	11	12	13
Füllstücke	*AF*	*AF*	*AG*	*AG*	*AH*	*AH*	*AJ*	*AJ*
Vers.-Reihe	2	1	1	2	2	1	1	2
	III. Gruppe				IV. Gruppe			
Vers.-Nr.	14	15	16		17	18		
Füllstücke	*DF*	*DF*	*DG*		*EF*	*EJ*		
Vers.-Reihe	1	2	2		1	2		

niger Formänderungen der Spülkanalmündung und des olbens. Die Spül- und Auspuffkanäle wurden durch pas- nde Füllstücke verändert, die in Abb. 9 bis 18 im Schnitt rgestellt sind. Alle Versuche wurden außerdem in ei Reihen bei rd. 450 und 290 Uml./min durchgeführt.

In Abb. 19 bis 22 sind die Ergebnisse dargestellt. Als gemeinsame Bezugsgrößen wurden die sogenannten Zeitquerschnitte des Vorauspuffs und der Spülung gewählt. Der Zeitquerschnitt der Spülung ist das Integral der Produkte aus den freigelegten Spülquerschnitten und den Zeiten vom Öffnen bis zum Schließen der Spülschlitze durch die steuernde Kolbenkante. Der Zeitquerschnitt des Vorauspuffs ist dementsprechend das Integral der Produkte aus dem Querschnitt der Auspuffschlitze und der Zeit vom Öffnen dieser Schlitze bis zur Freigabe der Spülschlitze durch die steuernde Kolbenkante. Der Füllungsgrad ist das Verhältnis des aus Gasanalysen und Brennstoffverbrauch berechneten Gasvolumens bei 15 ° und 760 mm Q.-S. zum Zylinderinhalt bei Abschluß der Auspuffschlitze.

Die Versuche der ersten Gruppe ergaben bei genügend großem Zeitquerschnitt der Spülung volumetrische Liefergrade der Spülpumpe, die größer als 1 sind. Bei der

Abb. 19

I Spez. Brennstoffverbr. der 1. Versuchsreihe
II „ „ „ 2. „
III Volumetr. Liefergrad der Kurbelkastenspülung
IV bei einer Umdrehung angesogene Luftmenge

Abb. 20

I Kohlensäuregehalt am Anfang der Verdichtung
II „ „ Ende der Expansion
III Sauerstoffgehalt „ „ „ „
IV „ „ Anfang der Verdichtung
V Spülwirkungsgrad
VI nutzbare Spülluftmenge
VII Füllungsgrad

Abb. 21

I Spez. Brennstoffverbr. 1. Vers.-Reihe mit kleinem Auspufftopf
II „ „ „ „ „ großem „
III Reduzierter spez. Brennstoffverbrauch
IV Spez. Brennstoffverbr. 2. Vers.-Reihe mit kleinem Auspufftopf
V „ „ „ „ „ großem „
VI Größt. nutzbar. Mitteldruck 1. Vers.-Reihe mit kl. Auspufftopf
VII „ „ „ „ „ „ gr. „

Abb. 22

I Höhe der Auspuffschlitze
II volumetr. Liefergrad der Spülpumpe bei gr. Auspufftopf
III „ „ „ „ „ „ kl. „
IV bei einer Umdr. angesog. Luftmenge „ gr. „
V „ „ „ „ „ „ kl. „

Abb. 19 bis **22.** Versuchsergebnisse

zweiten Versuchsgruppe arbeitete der Motor bei gleich hohen Spül- und Auspuffschlitzen noch recht gut.

Bei den meisten Versuchen war in die Auspuffleitung unmittelbar am Arbeitzylinder ein kleiner Auspufftopf von 32 l Inhalt eingeschaltet. Da die hohen Liefergrade der Spülpumpe möglicherweise auf Schwingungen der Gassäule in der Auspuffleitung beruhen konnten, wurden Nachversuche mit einem Auspufftopf von 470 l Inhalt ausgeführt. Der Liefergrad der Spülpumpe war dabei geringer, aber stets gleich, während er bei kleinem Auspufftopf je nach der Resonanzwirkung der schwingenden Auspuffsäule mit der Drehzahl schwankte.

In Abb. 22 entsprechen die höher liegenden Punkte der Linien III und V Versuchen bei 450 Uml./min, die tiefer liegenden Punkte Versuchen bei 290 Uml./min. Im übrigen waren die Ergebnisse bei Verwendung des großen Auspufftopfes im untersuchten Drehzahlbereich etwas ungünstiger. Man erhält also bei Zweitaktmotoren durchaus nicht immer die besten Ergebnisse, wenn man die Auspuffgase ungehindert austreten läßt.

Eine Erklärung dafür, daß ein geringer Vorauspuff günstig ist, kann folgende Erwägung bieten: Verbessernd wirkt bei kleiner Auspuffschlitzhöhe die Vergrößerung des nutzbaren Hubes. Der Einfluß dieser Größe auf den spezifischen Brennstoffverbrauch ist in Abb. 21 durch die Werte der Linie III veranschaulicht, die durch Umrechnung der Versuchswerte auf gleichen nutzbaren Hubraum erhalten werden. Dabei wird von der wohl zulässigen Annahme ausgegangen, daß der Brennstoffverbrauch dem Hubraum umgekehrt verhältnisgleich ist. Von Vorteil könnten ferner bei geringer Höhe der Auspuffschlitze die etwas höhere Verdichtung und die geringeren Schwankungen des Druckunterschiedes zwischen Zylinder und Spülpumpe währe des Spülvorganges (also wirbelfreiere Strömung, besse Spülbild) sein, wogegen das anfängliche Hineinschlagen Auspuffgase in den Kurbelkasten wohl nicht so stark Gewicht fällt.

Die Ergebnisse der Versuche haben sich an verschie nen anderen Motoren bestätigt. Unter anderm konnte m mit verhältnismäßig großer Höhe der Spülschlitze u kleiner Höhe der Auspuffschlitze bei einem Zweitakt-Dies motor von 25 PS mit Kurbelkasten-Spülpumpe (Vorkamm verfahren, 210 mm Zyl.-Dmr. 340 mm Hub, 400 Uml./min) einwandfreier Verbrennung eine Dauerleistung von 31,4 P erzielen, was einem mittleren nutzbaren Kolbendruck v 3 at entspricht.

Die Form *D* der Spülschlitze, Abb. 13, ergab ein schlechten Spülwirkungsgrad, da der Spülluftstrom jedenfa über den Kolbenboden hinweg durch die Auspuffschli entweicht.

Die Trägheitswirkung der Auspuffsäule kann bei ni zu großem Auspufftopf mit anschließender Rohrleitung Folge haben, daß Spülluft über den Förderhub der Sp pumpe hinaus nachgesogen und ein sehr hoher volun trischer Liefergrad der Spülpumpe erreicht wird. In dies Richtung sind jedenfalls noch Fortschritte erzielbar, wo allerdings neue Wege eingeschlagen werden müssen. kommt darauf an, die Strömungsenergie der Gase nicht großen Auspufftöpfen zu vernichten, sondern auszunutz wobei der Fall der Resonanz nur ein Teil der Lösung wä Das ist nur in Leitungen ohne oder mit geringen plöt lichen Querschnitterweiterungen (Auspufftöpfen) mö lich. Die Gebiete der Resonanz sind übrigens nicht so scha umgrenzt, daß sie nicht technisch ausgenutzt werden könnt [M 214]

Die technische Seite der „Shenandoah“-Vernichtung

Über die Zerstörung des amerikanischen Luftschiffes „Shenandoah“ am 3. September 1925 ist im vergangenen Jahr ein amtlicher Bericht erschienen[1]), worin die technischen Ursachen nach Möglichkeit aufgeklärt werden. Der Hergang wird, wie folgt, geschildert:

Das Schiff verließ unter völlig normalen Verhältnissen am 2. September mittags den Ankermast in Lakehurst zu einem großen Überlandflug in westlicher Richtung. Am Morgen des 3. September trat plötzlich ein starker, nach oben gerichteter Luftstrom auf, der das Schiff innerhalb 7 min von 550 auf 950 m Höhe trieb, wobei es ungefähr 1,5 m/s Höchstgeschwindigkeit erreichte. Alle Versuche, durch Öffnen der Ventile und Abwärtsrichten des Schiffes um 18 ° den Auftrieb zum Stillstand zu bringen, schlugen zunächst fehl. In 950 m Höhe endlich fuhr das Schiff während 6 min in wagerechter Lage weiter. Zwei von den fünf Motoren blieben kurz nacheinander stehen, so daß das Schiff nicht mit voller Kraft manövrieren konnte. Wahrscheinlich hatte sich infolge der steilen Lage des Schiffes das Öl falsch verteilt und die Lager waren heißgelaufen. Um 4 h 30 min setzte ein zweiter noch stärkerer und steilerer Auftrieb ein, der das Luftschiff mit 2 m/s Höchstgeschwindigkeit auf 1560 m Höhe brachte. Von dort ging es mit 5 m/s Geschwindigkeit fast senkrecht auf 1850 m Höhe, wo das Schiff um 4 h 46 min anlangte. Auch hierbei waren alle Versuche, den Aufstieg aufzuhalten, vergeblich gewesen.

Gleich nach Erreichen des Höhepunktes fiel das Schiff während 3 min bis auf 760 m. Dann, nach 1 bis 2 min wagerechter Fahrt, plötzlich wieder ein steiler Aufstieg, der die Zerstörung herbeiführte. Unter starkem Zittern und Rollen wurde das Schiff unter einer Neigung bis zu 30 ° steil in die Höhe getrieben auf etwa 1200 m; hier trat der Bruch ein. Gleich nach dem Bruch löste sich die Führergondel und fiel in die Tiefe; dann brach das Schiff ganz auseinander und auch der hintere Teil noch in zwei Hälften. Der Mittelteil mit den Gondeln fiel sehr rasch fast senkrecht herunter, der hintere Teil etwas langsamer, während der vordere Teil ganz ohne Gondeln wie ein Freiballon weitertrieb und nach genügendem Auslassen von Gas nach einiger Zeit landen konnte; einige Leute der Besatzung befanden sich noch im Laufgang dieses Teiles.

Über die technische Seite des Unfalles berichtet u. a. ein Gutachten Prof. Will. Hovgaards das folgende: Schon bevor das Schiff den höchsten Punkt erreicht hatte, hörte die Besatzung ein merkwürdiges Krachen, das si später wiederholte. Man nimmt an, daß dabei irgendwelc Drähte gerissen seien, jedoch glaubt man nicht, daß Katastrophe schließlich davon beeinflußt wurde. Auch zu hoher Gasdruck ist in den Zellen nicht festgestellt w den. Der Hauptgrund für den Bruch scheint in einem starken Biegungsmoment an der gefährdeten Stelle zu lieg das durch nicht erkennbare äußere Kräfte hervorgeru wurde, teilweise durch die starke aufwärts gerichtete teilweise durch die Vorwärtsbewegung des Schiffes starker Neigung, teilweise auch durch ungleic mäßige Füllung der Gaszellen, da ein Teil selbsttätigen Ventile nicht einwandfrei arbeitete. Die rechnungen haben ergeben, daß das vom Luftdruck erzeug Biegungsmoment allein den Bruch nicht erzeugt haben ka Eine Schwächung der ganzen Konstruktion durch eine v hergehende Beschädigung kommt auch nicht in Frage.

Wenn jedoch alle erwähnten äußeren Kräfte zusamm genommen werden, so erhält man für die Gitterträger e Gesamtbeanspruchung von 1800 kg/cm², was der zulässig Beanspruchung von 1830 bis 1900 kg/cm² für doppelte Gitt stäbe bedenklich nahe kommt. Es ist sehr wohl möglic daß an der Stelle, an der das Doppelgitter aufhört, kritische Belastung überschritten worden ist. Als Fol einer besonders heftigen Bö und des durch die ungleic Füllung der Zellen auftretenden Biegungsmomentes, lä sich die Ursache des Bruches erklären, wenn auch nic einwandfrei feststellen.

Die Amerikaner glauben nicht, daß die Entfernung d sechsten Motors irgendwie nachteilig auf das Schiff ei gewirkt haben könnte, da dem Nachteil des geringeren A triebes andre wesentliche Vorteile gegenüberstehen. Hi gegen kann zu der Größe der Katastrophe der Umsta wesentlich beigetragen haben, daß die Führergondel nic bis an den Schiffskörper herangezogen worden war, w konstruktiv möglich gewesen wäre. Wäre die Gondel dic am Körper befestigt gewesen, so wäre sie wahrscheinli nicht abgerissen worden, und das Auseinanderbrechen d Schiffes hätte vielleicht vermieden werden können.

Bei den zahlreichen Baustoffuntersuchungen, besonde des Duralumins, wurde nichts gefunden, was den Zusta des Schiffes hätte schwächen können. Da auch die Ko struktionspläne beim Bau des Schiffes eingehend geprü worden waren, führt der amerikanische Bericht die Ursac des Unglücks nicht auf irgendwelches menschliches V schulden, sondern auf eine Verkettung vorher nic übersehbarer Umstände und auf außergewöhnliche Natu vorgänge zurück. [N 219]

Berlin E. Sachs

[1]) Journal of the Am. Soc. of Nav. Arch. Bd. 38 (1926) S. 487.

)ie Staurandversuche von Spitzglaß, verglichen mit deutschen Messungen

Von Dipl.-Berging. L. Dorgerloh †, Freiberg in Sachsen

(Schluß von S. 708)

Vergleich der Staurandbeiwerte der verschiedenen Untersuchungen

Die Durchflußziffern α hängen bekanntlich von dem Orte der Druckentnahme vor und hinter dem Staurand ab. Hiernach können die vorliegenden deut-chen Untersuchungen in zwei Gruppen geteilt werden:

1. in solche Untersuchungen, bei denen der Druck in geringer Entfernung vor und hinter dem Staurand oder in dessen Randwinkeln nach den Angaben von Brandis[13]) und neuerdings von Kretzschmer[14]) entnommen worden ist;
2. in Untersuchungen, bei denen sich die Meßstellen A und B, besonders B, hinter dem Staurand in größerer Entfernung befanden.

Mit den Ergebnissen der ersten Gruppe lassen sich ie Werte α_1 und mit denen der zweiten Gruppe die Verte α_2 von Spitzglaß bei entsprechender Berücksich-gung der noch bestehenden Unterschiede vergleichen. um Unterschied von den Durchflußziffern von Spitz-laß sollen im folgenden die Durchflußziffern der hier rwähnten andern Forscher mit α ohne Zeiger bezeichnet erden.

Vergleich der Durchflußziffern α_1. Bei en Versuchen von Brandis[15]), Kretzschmer und akob[16]) und Gramberg[17]) sind die Drücke in den taurandwinkeln gemessen worden. Mit ihnen zusammen önnen die Ergebnisse der Arbeit von Wenzl und chwarz[18]) zum Vergleich herangezogen werden, ob-ohl hier die Drücke rd. 80 mm vor und hinter dem taurand gemessen wurden. Diese Entfernung ist im Ver-ältnis zu den benutzten Rohrweiten von 500, 1000 und 500 mm l. W. nicht groß, so daß man annehmen kann, aß die Drücke in den Staurandwinkeln gemessen seien.

Der Vergleich ist deshalb schwer, weil Spitzglaß eine Druckmessungen in den Randwinkeln des Stau-andes ausgeführt hat; denn der Druckunterschied $p_v - p_h$ wischen den Messungen in den Randwinkeln ist nicht leich dem Unterschied $p_1 - p_e$ zwischen den Messun-en 1 bis $2D$ vor dem Staurand und am engsten Quer-hnitt. Da vor dem Staurand eine kleine Drucksteigerung ntritt, Abb. 2, und der Druck hinter dem Staurand is zum engsten Querschnitt etwas abfällt, so werden ie beiden Druckunterschiede als fast gleich angesehen erden können:

$$p_1 - p_e \approx p_v - p_h \quad \ldots \ldots \ldots (18$$

nn es ist:

$$p_1 < p_v \quad \text{und} \quad p_e < p_h .$$

ie genau Gl. (18)

$$p_1 - p_e = p_v - p_h$$

füllt ist, ist noch nicht untersucht worden. Bei der genüberstellung der Ergebnisse ist jedoch angenommen, ß Gl. (18) erfüllt sei oder daß bei Nichterfüllung die ngleichheit vernachlässigt werden könne.

Die Werte der Durchflußziffern α_1 von Spitzglaß, urve a in Abb. 11, sind zusammen mit den entsprechenden Werten von Brandis (b), Gramberg (c), Kretzschmer d Jakob (d) und Wenzl und Schwarz (e) in Abhängig-it vom Querschnittverhältnis m dargestellt. Die Ab-ngigkeit der Beiwerte vom Rohrdurchmesser nach itzglaß und Brandis kommt durch die einzelnen Kurven für zum Ausdruck.

Von der Arbeit von Kretzschmer und Jakob, die bis ute noch nicht veröffentlicht worden ist, liegen nur die Ergebnisse für die α-Werte vor. Die Werte gelten für Rohre von 125 bis 400 mm Durchmesser. Für große Öffnungsverhältnisse sind sie denen von Spitzglaß für das 300 mm-Rohr völlig gleich. Erst bei kleineren Öffnungsverhältnissen zeigen die Kurven d eine kleine Abweichung, wonach die Werte von Spitzglaß bis zu 0,6 vH größer werden als die von Kretzschmer und Jakob.

Abb. 11
Durchflußziffern α_1 und α in Abhängigkeit vom Querschnittverhältnis m

Die Kurve c nach Gramberg verläuft gut innerhalb der beiden Kurven a von Spitzglaß. Sie soll nach seinen Angaben für mittlere Rohrweiten (100 bis 200 mm l. W.) gelten. Nach Gramberg ist ferner die Kurve c_1 — für Wasser geltend — vergleichsweise eingezeichnet. Die Kurve hat die zu den Werten für Luft zu erwartende Lage.

Wenzl und Schwarz berechnen die Werte für die Einschnürziffer μ unmittelbar aus den Versuchswerten nach der Gleichung

$$\mu = \frac{1}{m}\sqrt{\frac{1}{\frac{F^2}{G^2\,2g\,\Delta p\,\gamma}+1}} \quad \ldots \ldots (19)$$

[13]) Vergl. J. Brandis, Messungen von Gasmengen, 1913.
[14]) Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren, B-lin 1925 VDI-Verlag im VII. Teil unter L.
[15]) Vergl. J. Brandis, Messungen von Gasmengen, 1913.
[16]) Verein deutscher Eisenhüttenleute, Mitteilungen der Wärme-st-e Düsseldorf Nr. 76.
[17]) Vergl. A. Gramberg, Technische Messungen 5. Aufl. 1923.
[18]) Vergl. Wenzl und Schwarz, Messungen großer Gasmengen, Z.d. 66 (1922) S. 1130.

Diese Gleichung ergibt, anders geschrieben,

$$G = V\gamma = \frac{\mu}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}}\, m F \sqrt{2 g \Delta p \gamma} = \alpha_1 f_0 \sqrt{2 g \Delta p \gamma} \qquad (20).$$

Da die Drücke bei allen Rohren und Querschnittverhältnissen rd. 80 mm vor und hinter dem Staurande gemessen sind, so ist es nach S. 705 nicht richtig, die Einschnürziffer μ nach Gl. (19) zu berechnen. Die hierbei entstehenden Fehler werden indessen in diesem Falle nicht groß sein. Berechnet man jedoch aus fehlerhaften μ-Werten nach Gl. (14 a) die zugehörigen α, so werden diese der Versuchsanordnung entsprechend richtig. Die nach Gl. (20) berechneten α-Werte sind in Kurve *e*, Abb. 11, dargestellt; sie gilt für Rohre von 500, 1000 und 1500 mm l. W. und liegt damit zu den Kurven von Spitzglaß günstig.

Die Ergebnisse von Brandis nehmen den andern gegenüber eine Sonderstellung ein, da bei ihnen die α-Werte mit wachsendem Rohrdurchmesser abnehmen[18a]) Die Kurven *b* in Abb. 11 für 100- und 300 mm-Rohre schneiden die entsprechenden von Spitzglaß, weil die Werte langsamer zunehmen. Ihre größte Abweichung beträgt rd. 3 vH. Die Abnahme der Durchflußziffern mit größer werdendem Durchmesser ist jedoch so groß, daß die zu 800 mm Rohrdurchmesser gehörige Kurve gänzlich aus der Schar aller übrigen herausfällt. Die Werte, die zu dieser Kurve gehören, sind 10 bis 13 vH kleiner als die entsprechenden von Wenzl und Schwarz.

Schließlich ist in Abb. 11 noch die Kurve *f* nach Angaben von J. L. Hodgson[19]) eingetragen worden. Er gibt für die Liefermenge folgende Gleichung an:

$$V = \Omega \frac{F}{\sqrt{n^2 - 1}}\, k \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}}\ ^{20)} \quad \ldots\ldots \quad (21),$$

darin ist $k = 0{,}1270$ und $n = \frac{1}{m}$, so daß man dafür auch schreiben kann:

$$V = \Omega \frac{f_0}{\sqrt{1 - m^2}}\, k \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}} \quad \ldots\ldots \quad (21a);$$

darin ist

$$\Omega \frac{1}{\sqrt{1 - m^2}} = \alpha \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22).$$

Die Durchflußziffern sollen nach Hodgson für kantige Stauränder (square-edged) gelten und sollen bis zum Öffnungsverhältnis $m = 0{,}7$ auf $\pm$ ½ vH genau sein. Große Öffnungsverhältnisse sollen aus den von ihm erwähnten Gründen (vergl. S. 708) ungenaue Beiwerte ergeben. Die Drücke hat Hodgson bei 1 *D* vor und ½ *D* hinter dem Staurande gemessen. Die Kurve *f* verläuft größtenteils zwischen denen von Spitzglaß, stimmt also gut mit seinen Messungen überein.

Vergleich der Durchflußziffern α_2. Die Schwierigkeit, die sich beim Vergleich der α_2-Werte von Spitzglaß mit den in annähernd ähnlicher Weise bestimmten α-Werten der Versuche von A. O. Müller[21]) und andern ergibt, liegt hauptsächlich darin, daß durch die Druckentnahme an verschiedenen Stellen die Reibung und der damit zusammenhängende Druckabfall die Ergebnisse verschieden beeinflußt. Der Reibungseinfluß wird bei der Druckentnahme nach Spitzglaß praktisch unbedeutend sein, weil bis zum Punkte der Druckwiedergewinnung der Luftstrom die Wandung des Rohres nur wenig berührt und demnach hauptsächlich nur innere Reibung erfährt.

Bei der Druckentnahme in größerer Entfernung, wie z. B. bei Müller in 2½ *D* vor und 8 *D* Entfernung hinter dem Staurande, wird sich ein auf den Reibungseinfluß begründeter Unterschied bemerkbar machen, und zwar werden die α-Werte, die durch die Druckentnahme in größerer Entfernung als nach Spitzglaß gefunden worden sind, stets kleiner sein müssen als die α_2-Werte von Spitzglaß. Denn infolge des Druckabfalles wird d[er] Druckunterschied zwischen den beiden Meßstellen größe[r] und diesem entspricht nach Gl. (16) ein kleineres α.

[18a]) Die umgerechneten und verbesserten Brandisschen Zahlenwerte hat Litinsky angegeben a. a. O. S. 256.

[19]) Vergl. Hodgson, Apparatus for Measurement of Volume of Water, The Inst. of Mech. Engs. Proceedings 1924 I S. 323.

[20]) Vergl. Spitzglaß, Gl. (1) S. 704.

[21]) Vergl. A. O. Müller, Messungen von Gasmengen mit Drosselscheibe, Forschungsarbeiten a. d. Geb. d. Ingenieurwesens 1908 Heft 49.

RZ 1506 Z 12

Abb. 12
Durchflußziffer α_2 und α in Abhängigkeit vom Querschnittverhältnis m

Die hier angeführten Untersuchungen von A. [O.] Müller über Messungen strömender Luft sind mit eine[m] Rohre von 81,9 mm l. W. ausgeführt worden. Für dies[es] Rohr sind die Durchflußziffern und daraus die Einschnü[r]ziffern nach Gl. (13) und (14 b) für verschiede[ne] Öffnungsverhältnisse bestimmt worden.

Müller hat nun auch nach der Gleichung

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \lambda_0 \, l \frac{w_1^2}{2 g} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2$$

den Einfluß der Reibung berücksichtigt. Dazu hat [er] den Reibungswert λ_0 aus dem Druckunterschied Δp b[e]stimmt. Eine Nachprüfung seiner Angaben mit den Gle[i]chungen für rauhe Rohre von Fritzsche[22])

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \beta \frac{l^{\nu} w_1^2}{1000\, D} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2$$

[22]) Vergl. „Hütte", 25. Aufl. Bd. 1 S. 516.

Abb. 13
Einschnürziffern μ in Abhängigkeit vom Querschnittverhältnis m

orin der Reibungswert $\beta = 1000 \frac{\lambda}{2g}$, und von Biel[23])

$$\frac{\Delta p}{\gamma} = \lambda \frac{l\, w_1^2}{D\, 2g} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25),$$

λ = Reibungsbeiwert = $f(R)$,

$R = \frac{w D}{\nu}$ = Reynoldssche Zahl und

ν = kinematischer Zähigkeitsbeiwert,

gab, daß die von Müller ermittelten Drücke Δp durch- hnittlich 20 vH höherliegen als die nach den beiden rmeln. Müller benutzte seinen gefundenen Wert $= 0{,}407\,[\mathrm{m}^{-1}] = \frac{\lambda}{D}$, den er für alle Geschwindigkeiten s unveränderlich betrachtete, um damit das Reibungs- fälle für die Rohrlänge $l = 0{,}85$ m, die der Entfernung r vorderen von der hinteren Meßstelle entspricht, zu be- hnen und so die durch die Versuche gefundenen Werte und μ zu verbessern. Dabei führte er fälschlich die ßerhalb des Staurandgebietes herrschende Geschwindig- it w_1 als mittlere Geschwindigkeit ein. Dies führt zu n durch Kurve b_2 in Abb. 12 dargestellten Werten. Zum rgleich mit Kurve a nach Spitzglaß sind die unver- sserten Werte Kurve b_1 beigefügt worden.

Ich habe nun nach den obigen Formeln von Fritzsche d Biel die Reibungsbeiwerte für die einzelnen Ver- chsreihen und Geschwindigkeiten und daraus weiter s Reibungsdruckgefälle für die Rohrlänge $l = 0{,}318$ m rechnet, um die die Meßstellen bei Müller weiter entfernt sind als bei der Anordnung nach Spitzglaß. Da Müller seine Versuche bei sehr kleinen Geschwindigkeitswerten ausgeführt hat, so ist die Erhöhung der Beiwerte gering. Nachstehende Zahlentafel 1 enthält die von Müller gefundenen unverbesserten und verbesserten Zahlenwerte für α und μ, daneben die von mir verbesserten α- und μ-Werte. Die entsprechende Kurve b_3 in Abb. 12 schmiegt sich recht gut in ihrem Verlauf an die Kurven von Spitzglaß an. Dennoch sind die Werte durchschnittlich 4 bis 5 vH kleiner als die für das Rohr von 75 mm l. W. von Spitzglaß, das im Durchmesser dem von Müller verwendeten fast entspricht.

Außerdem ist noch Kurve c in Abb. 12 nach Gramberg[24]) für Rohre von rd. 100 bis 200 mm l. W. eingezeichnet worden. Dieser Kurve entspricht eine Druckentnahmestelle bei rd. $6\,D$ hinter dem Staurand. Die Angaben von Gramberg stimmen mit denen zu den Kurven von Spitzglaß für gleiche Rohrdurchmesser sehr gut überein.

Anschließend sollen noch die Versuchsergebnisse von Jakob und Erk[25]) zum Vergleich herangezogen werden. Von ihnen sind Versuche mit Luft in einem Rohre von 350 mm l. W. ausgeführt und die Durchflußziffern für die beiden Querschnittverhältnisse $n = 0{,}555$ und $m = 0{,}276$ bestimmt worden. Der Druck wurde dabei $1\,D$ vor und $1\,D$ hinter dem Staurand gemessen. Für $m = 0{,}555$ ergab sich $\alpha = 0{,}887$, für $m = 0{,}276$ $\alpha = 0{,}712$.

In Abb. 12 ist die dazugehörige Kurve d eingezeichnet, die wegen der Lage der Druckmeßstellen tiefer als die übrigen Kurven liegen muß. Es ist jedoch auf Grund der Untersuchungen von Spitzglaß möglich, nach Abb. 4 die zur Druckentnahme $1\,D$ hinter dem Staurande gehörigen Durchflußziffern für ein Rohr von 300 mm l. W. und die beiden Querschnittverhältnisse zu ermitteln. Die so gefundenen Werte sind vergleichsweise in Abb. 12 eingetragen. Sie ergeben die Kurve e, die jedoch unerklärlicherweise tiefer als die von Jakob und Erk liegt, denn die Werte weichen durchschnittlich 11 vH voneinander ab.

Die Einschnürziffer μ. Da bei jedem Öffnungsverhältnis und Rohr die Einschnürziffer nur einen Wert hat und dieser von der Druckentnahmestelle unabhängig ist, so wäre ein Vergleich der Einschnürziffern am einfachsten und genauesten. Außerdem muß für das Querschnittverhältnis $m = 1$ auch $\mu = 1$ werden. Da aber nicht für jede aus Versuchen gefundene Durchflußziffer die Einschnürung am engsten Strahlquerschnitt nach den vorliegenden Formeln berechnet werden kann, so können den Ergebnissen von Spitzglaß nur einige andrer Forscher gegenübergestellt werden.

Die Einschnürziffern μ sind in Abb. 13 über dem Querschnittverhältnis m eingezeichnet worden. Die beiden Kurven c_1 und c_2 für die unverbesserten und verbes-

[23]) Vergl. Biel, Strömungswiderstand in Rohrleitungen, Z. Bd. 69 (5) Sonderheft Techn. Mechanik S. 99.

[24]) a. a. O. S. 199.

[25]) Vergl. Jakob und Erk, Der Druckabfall in glatten Rohren und die Durchflußziffer von Normaldüsen, Forschungsarbeiten a. d. Gebiete des Ingenieurwesens, Heft 267.

Zahlentafel 1

m	Müller, unverbesserte Beiwerte		Müller, verbesserte Beiwerte		v. Verf. verbesserte Müllersche Beiwerte	
	α	μ	α	μ	α	μ
0,0816	0,641	0,609	0,641	0,609	0,642	0,610
0,193	0,689	0,608	0,689	0,610	0,691	0,610
0,2875	0,750	0,617	0,755	0,621	0,753	0,619
0,406	0,854	0,634	0,872	0,644	0,860	0,637
0,578	1,084	0,666	1,165	0,697	1,106	0,674

serten μ-Werte nach Müller stimmen nicht sonderlich gut mit denen von Spitzglaß, Kurve a, überein. Günstiger liegt die nach den von mir verbesserten Werten gezeichnete Kurve c_3. Auch die μ-Werte von Müller sind wie seine a-Werte kleiner als die von Spitzglaß. Die Kurve der unverbesserten μ-Werte fällt mit der von Wenzl und Schwarz, Kurve b_1, fast zusammen. Diese gibt allerdings, wie oben erwähnt wurde (S. 852), nicht die verbesserten μ-Werte wieder. Der Verlauf dieser Kurve b_1 ist mit Rücksicht auf die großen Rohrdurchmesser im Vergleich zu den Kurven von Spitzglaß gut.

Eine etwas ungünstige Lage zeigt die Kurve e nach R. Wolf[26]). Sie liegt höher und verläuft flacher als die andern Kurven. Die Kurve ist aus Versuchen an 600-, 500- und 350 mm-Rohren ermittelt worden. Ihren Werten entspricht eine Druckmessung bei 80 mm vor und hinter dem Staurande. Daraus lassen sich möglicherweise die größeren μ-Werte für die kleinen Öffnungsverhältnisse erklären. Für größere Öffnungsverhältnisse passen die Werte besser zu denen von Spitzglaß, weil dafür die Druckentnahmestelle 80 mm hinter dem Staurand annähernd dem engsten Querschnitt entspricht. Die Kurve f für Wasser nach Weisbach[27]) verläuft ähnlich wie die andern Kurven.

Aus den Durchflußziffern von Brandis sind mit der nach μ aufgelösten Gl. (14a)

$$\mu = \frac{a}{\sqrt{1 + a^2 m^2}} \quad \ldots \ldots \ldots (26)$$

die Werte für μ berechnet worden, obwohl dieses Verfahren bekanntlich ungenaue Werte ergibt. Da die Unstimmigkeit nicht groß sein wird, so geben die Kurven d in Abb. 13 doch ein ungefähres Bild des wirklichen Verlaufes. Demzufolge liegt die Kurve für $D = 800$ mm so ungünstig, daß sie den Wert $\mu = 1$ für $m = 1$ nicht zu erreichen scheint.

Abhängigkeit der Staurandbeiwerte vom Rohrdurchmesser

Nach den meisten deutschen Messungen ist die Rohrweite scheinbar ohne Einfluß auf die Staurandbeiwerte. Hiernach ist die Einschnürziffer μ allein vom Querschnittverhältnis m abhängig:

$$\mu = f(m) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (27)$$

Für $m = 0$ ist μ rd. 0,600 bis 0,615. Die Einschnürziffer wächst von diesem Kleinstwert mit m, bis sie für $m = 1$, d. h. bei dem Durchfluß durch ein glattes Rohr, ihren Höchstwert $\mu = 1$ erreicht hat. Diesen Wert muß sie für alle Rohrweiten haben. Dementsprechend würde die Durchflußziffer — abgesehen von der bestehenden Abhängigkeit vom Orte der Druckentnahme — nur noch von der Einschnürziffer und vom Querschnittverhältnis m abhängig sein.

Von den deutschen Forschungen sind es nur die von Brandis, Wenzl und Schwarz und R. Wolf, in denen untersucht wird, ob eine Abhängigkeit der Beiwerte vom Rohrdurchmesser besteht.

Von diesen glauben Wenzl und Schwarz auf Grund ihrer Versuchsergebnisse, daß keine Abhängigkeit besteht. Wolf konnte aus seinen Versuchen nichts Bestimmtes feststellen, glaubt aber, daß sie jedenfalls nicht groß sein wird. Demgegenüber fand Brandis (vergl. Abb. 11 und 13) eine ziemlich starke Abnahme mit zunehmendem Rohrdurchmesser, was auch aus seiner empirischen Formel hervorgeht. Anderseits schließt Gramberg aus einem Vergleich seiner Ergebnisse mit denen von Weisbach, daß mit steigendem Rohrdurchmesser eine schwache Zunahme der Durchfluß- und Einschnürziffern möglich ist.

Da wohl ganz allgemein über diesen Punkt heute noch Unklarheit herrscht, so ist es wertvoll, daß zu den wenigen diesbezüglichen Untersuchungen die Ergebnisse der Forschungsarbeit von Spitzglaß zum Vergleich und zur Klärung dieser Frage herangezogen werden können.

[26]) In den Mitteilungen der Wärmestelle Düsseldorf, Ergänzungsheft zu Nr. 12, sind die Ergebnisse seiner Untersuchungen kurz wiedergegeben.

[27]) Vergl. J. Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, 1. Teil: Theoretische Mechanik 5. Aufl.

Abb. 14
Durchflußziffer a in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser D

Irgendwelche Abnahme der Beiwerte mit zunehme der Rohrweite läßt sich theoretisch nur dadurch erkläre daß sich die Strahleinschnürung ändert. Neben der daf von Spitzglaß angegebenen Erklärung (s. S. 706) ist f die Änderung der Strahleinschnürung wohl auch der Ei fluß der Rohrwandung maßgebend. Bei kleinen Rohr wirkt die geringe Entfernung der Wandung von de durch den Staurand strömenden Luftstrahl insofern a diesen ein, als sich infolge der Nähe der Wandung d Einschnürung nur unvollkommen ausbilden kann.

Die Änderung der Strahleinschnürung kann fern auch darauf zurückzuführen sein, daß für gleiche Öf nungsverhältnisse mit kleiner werdendem Rohrdurc messer gleichzeitig der Durchflußquerschnitt des Sta randes kleiner wird. Dadurch wird auch unter sonst gle chen Bedingungen im Verhältnis die Zahl der Stromfäd geringer, die, ohne aus ihrer ursprünglichen Bahn abg lenkt zu werden, in Richtung der Rohrachse durch d Staurand hindurchströmen können, und im Verhältnis d Zahl der Stromfäden größer, die durch den Staurand g zwungen wurden, einander zu nähern. Bei kleinen Sta randquerschnitten werden demnach die Stromfäden ei ander in ihrer Richtung stören und ablenken, so daß sic der Luftstrom im Gegensatz zu großen Staurandque schnitten nur unvollkommen einschnüren wird. Es i wahrscheinlich, daß die erwähnten Einflüsse zusamme

Abb. 15
Einschnürungsziffer μ in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser D

o Abnahme der Einschnürziffer mit zunehmendem Rohr-
rchmesser bedingen. Jedoch läßt sich daraus schließen,
ß diese Beeinflussungen mit immer größer werdendem
hrdurchmesser kleiner werden und schließlich weg-
llen müssen.

In den Abbildungen 14 und 15 sind die Durchfluß-
d Einschnürziffern nach Spitzglaß (a) und nach Bran-
(b) sowie einige Punkte aus den Versuchen von
enzl und Schwarz (c) in Abhängigkeit vom Rohrdurch-
sser zeichnerisch dargestellt. Diese beiden Darstel-
ngen lassen deutlich erkennen, daß zwar die Beiwerte
beiden Kurvenscharen mit wachsendem Rohrdurchmes-
r abnehmen, aber die Abnahme nach Brandis wesent-
h stärker ist und den Kurven daher einen ganz andern
rlauf gibt.

Die Kurven nach Brandis scheinen — wie die loga-
hmische Teilung der Abszissen der beiden Abbildungen
sonders deutlich zeigt — sehr bald den Wert 0,60 zu
terschreiten. Die empirische Formel nach Brandis

$$\alpha = \frac{0,230}{\sqrt[4]{1-m^{\varepsilon}}} \cdot e \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (28)$$

t $\varepsilon = 1,17 + \frac{D^2}{0,36}$ und $e = 2,718$ besagt jedoch, daß sich
Kurven der Durchflußziffern für alle Öffnungsverhält-
nisse dem Grenzwert 0,626 nähern. Die Kurven haben demnach einen Wendepunkt. Den Grenzwert erreichen sie für $m = 0,5$ und 0,6 praktisch bereits bei $D = 2000$ mm. Sinngemäß nähern sich die Kurven für μ ungefähr dem Werte 0,60.

Da nun aber die Einschnürziffer μ für das Querschnittverhältnis $m = 1$ unbedingt gleich eins ist, ganz gleichgültig, um welche Rohrweite es sich dabei handelt, so ist es unmöglich, daß μ mit zunehmendem D für alle Öffnungsverhältnisse jemals e i n e n Kleinstwert erreichen kann. Der Verlauf der Brandisschen Kurven scheint daher m. E. die wirkliche Abhängigkeit der Staurandbeiwerte vom Rohrdurchmesser nicht zu kennzeichnen.

Die Kurven von Spitzglaß scheinen demgegenüber den wahren Verhältnissen besser zu entsprechen. Die in Abb. 14 und 15 ferner eingetragenen Punkte aus den Versuchen von Wenzl und Schwarz passen teils gut, teils weniger gut zu dem vermutlichen Weiterverlauf der Kurven von Spitzglaß. Für das Querschnittverhältnis $m = 0,57$ läßt sich die Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser durch die Kurve c wiedergeben, deren Verlauf sich sehr gut an den der Kurven von Spitzglaß anpaßt.

Die Kurven für die kleinen Öffnungsverhältnisse liegen sehr flach, während für die größeren der Verlauf steiler wird, d. h. die Beiwerte zeigen mit zunehmendem Querschnittverhältnis größere Abhängigkeit vom Durchmesser. Dies läßt sich dadurch erklären, daß der Einfluß der Nähe der Rohrwandung für große Öffnungsverhältnisse stärker wirkt als für kleine und sich auch noch bei größeren Rohren bemerkbar machen wird, wo diese Erscheinung für kleinere Querschnittverhältnisse schon nicht mehr auftritt.

Aus alledem läßt sich vermuten, daß die Abhängigkeit der Beiwerte vom Rohrdurchmesser für die einzelnen Querschnittverhältnisse durch Hyperbeln wiedergegeben werden kann, die sich asymptotisch der Ordinate (für $D = 0$) und für jedes Querschnittverhältnis einer einem bestimmten α- und μ-Wert entsprechenden Geraden anschmiegen. Demnach nehmen die Beiwerte mit zunehmendem Durchmesser zuerst sehr stark, dann nur noch wenig ab, bis die Abnahme für große Durchmesser praktisch null wird.

Empirische Formeln zur Berechnung der Staurandbeiwerte.

Da die Staurandbeiwerte, in Abhängigkeit vom Querschnittverhältnis aufgetragen, zumeist auf Ellipsen oder Parabeln zu liegen scheinen, so liegt es nahe, dafür empirische Gleichungen aufzustellen, die diese Kurven erfüllen.

So gibt z. B. Hodgson[28]) folgende empirische Gleichung für α an:

$$\alpha = \frac{0,610}{\sqrt{1-m^2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (29).$$

Die zugehörige Kurve g in Abb. 11 paßt besonders gut zu den Kurven nach Spitzglaß ($D = 300$ mm) und Kretzschmer.

Für die Einschnürziffer μ sind von Wenzl und Schwarz[29]) und von Langen[30]) empirische Formeln angegeben worden. Die Gleichung von Wenzl und Schwarz lautet:

$$\mu = 1 - 0,395 \sqrt{1 - \frac{m^2}{1,15}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (30).$$

Die Langensche Gleichung stellt eine ähnliche Ellipse dar, deren Mittelpunkt nur höher liegt. Die zugehörigen Kurven b_2 und g sind in Abb. 13 dargestellt. Die Werte von Langen weichen für kleine Querschnittverhältnisse ziemlich beträchtlich von den Versuchswerten andrer Forscher ab, und die Gl. (29) von Wenzl und Schwarz erfüllt nicht die Bedingungen: $m = 1$, $\mu = 1$, während sie sonst bis zu $m = 0,7$ für μ Werte ergibt, die mit den Versuchswerten fast übereinstimmen.

[28]) Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren 1925, S. 16.
[29]) Vergl. a. a. O.
[30]) Mitt. der Wärmestelle Düsseldorf Nr. 40 (1922) S. 18.

Einen günstigen Verlauf zeigt die Kurve h nach der von mir aufgestellten empirischen Formel:

$$\mu = 1 - 0{,}390\sqrt{1 - m^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

Die Kurve h deckt sich bis zu $m = 0{,}7$ gut mit der von Spitzglaß für $D = 300$ mm. Die empirischen Formeln haben keine Bedeutung mehr, sobald die Abhängigkeit der Beiwerte von D durch weitere Versuche bestätigt wird.

Ergebnisse

Beim Vergleich der Versuchsergebnisse von Spitzglaß mit den zur Zeit vorliegenden deutscher Forscher haben sich keine wesentlichen Widersprüche gezeigt, im Gegenteil, es läßt sich bis auf wenige Fälle eine recht gute Übereinstimmung feststellen. Die Kurven von Spitzglaß stellen nach Abb. 11 bis 13 gute Mittelwerte dar; vielleicht liegen sie etwas zu hoch. Hierzu ist zu bemerken, daß Spitzglaß für seine Untersuchungen angenommen hat, daß die Durchflußziffer für ein sehr weites Rohr bei kleinem Öffnungsverhältnis den Wert $\alpha = \mu = 0{,}61$ hat. Ist diese Annahme nicht gerechtfertigt, so würden, wenn dieser Wert zu groß ist, die Ergebnisse von Spitzglaß nur um den entsprechenden Unterschied zu verkleinern sein.

Wenn man von den noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen von Kretzschmer und Jakob absieht, so ist unverkennbar, daß die Arbeit von Spitzglaß an Vollständigkeit der Erforschung der Verhältnisse am Staurand alle anderen übertrifft.

Als wertvolles Ergebnis sei nochmals hervorgehoben, daß die Beeinflussung der Beiwerte durch den Ort der Druckentnahme von großer Wichtigkeit ist, und daß diesbezüglich bereits bekannten Ergebnisse durch Arbeit von Spitzglaß vervollständigt und bestätigt wo den sind. Während hierüber fast vollkommene Klarh herrscht, kann man über die von Spitzglaß gefunde Abhängigkeit vom Durchmesser noch kein endgülti Urteil abgeben, vor allem deshalb nicht, weil noch wenig gegenteilige oder gleichartige Ergebnisse vorlieg Obwohl die dynamischen Erscheinungen am Staura und die Theorie dafür sprechen, daß eine Abnahme Durchflußziffer mit zunehmender Rohrweite in der v Spitzglaß gefundenen Form besteht, müssen erst die U tersuchungsarbeiten — besonders die von Brandis — ei gehend geprüft werden, bevor man ein abschließend Urteil fällen kann.

In Deutschland ist man in letzter Zeit erfreulich weise dazu übergegangen, auch für die Staurandmessu gewisse Normen zu schaffen. Danach wird der Dru heute allgemein in den Staurandwinkeln gemessen. D Form des Normalstaurandes ist nach den Angaben v Kretzschmer in den „Regeln für Leistungsversuche Ventilatoren und Kompressoren 1925" des V. d. I. da gestellt. Die Firma Siemens & Halske baut na den Normen Meßflansche für alle Rohrweiten mit für v schiedene Öffnungsverhältnisse auswechselbaren Staura scheiben.

Da die Genauigkeit der Staurandbeiwerte von Spi glaß für praktische Messungen genügend groß zu se scheint, wie sich aus dem Vergleich mit andern Messu gen gezeigt hat, so kann ihre Anwendung auch bei d Druckentnahme in den Randwinkeln, wie sie bei Norm staurändern auszuführen ist, nur empfohlen werden.

[B 1600]

Massenausgleich rasch umlaufender Körper

Bei nicht genauem Massenausgleich führt der Läufer einer Dampfturbine, eines elektrischen Stromerzeugers usw. infolge der auftretenden Fliehkräfte störende Schwingungen aus. Mittels streng abgeleiteter Bewegungsgleichungen läßt sich das Verhalten eines umlaufenden Körpers in seinen eigenen nachgiebigen Lagern untersuchen.

Auf Grund der in einer Arbeit von Blaeß[1]) gewonnenen Erkenntnisse ergeben sich neue Verfahren zum Ausgleich der Massen; diese sind für Bau und Betrieb schnellaufender Kraft- und Arbeitsmaschinen wichtig, weil sie gestatten, eine unruhig laufende Maschine auf ihrem eigenen Fundament planmäßig auszuwuchten. Besondre Hilfseinrichtungen, wie Auswuchtmaschinen usw., sind hierbei nicht vonnöten.

Lagert man einen in Bewegung befindlichen Läufer so, daß er etwa nur wagerechte Schwingungen ausführen kann, und setzt man z. B. das eine Lager (1) still, so ergibt sich, wenn dieses Stillsetzen bei der Drehgeschwindigkeit ω stattgefunden hat, daß der Läufer noch eine Störungskraft $\overline{Z}$ im Abstand λ vom Schwerpunkt enthält und eine von der Reibung herrührende verhältnismäßig kleine Kraft $\overline{Z}_I$, die durch das Lager 1 geht. Sind die spezifischen Rückstellkräfte c infolge einer festen Lagerung sehr groß, so fällt bei nicht zu hoher Drehzahl die Kraft $\overline{Z}$ in das Lager 2, und sie kann jetzt nach den Regeln der Statik von d Tarierebenen E_1 und E_2 aus in einfacher Weise vernich werden.

Kann von der kleinen Reibungskraft $\overline{Z}_I$ abgeseh werden, so ist der Körper bereits ausgewuchtet; im ande Fall ist das Verfahren zum Ausgleich von $\overline{Z}_I$ weiter führen. Einen andern Weg zum Auswuchten findet m wenn man die Rückstellkraft sehr klein macht, also d Lager 2 auf Kugeln, weichen Gummi o. dergl. setzt. Wi jetzt das Lager 2 schwingungsfrei gemacht, so enthält d Läufer, abgesehen von der kleinen Kraft $\overline{Z}_I$, eine durch d Schwingungsmittelpunkt gehende Unbalanz, die wieder na den Regeln der Statik von den Tarierebenen E_1 und E_2 a getilgt werden kann. Handelt es sich um das Auswucht von Reihen gleichgebauter Läufer, so empfiehlt es sich, hi für die $\lambda\,\omega^2$-Linie aufzunehmen, so daß man bei Beru gung des Lagers 1 sofort die die Restkraft führende Ebe angeben kann.

Die Untersuchungen lassen sich auch auf elastisc Körper ausdehnen, namentlich auf Läufer mit biegsan Welle. Es zeigt sich, daß der Massenausgleich unter dies Umständen nur für eine bestimmte Drehzahl genau durc führbar ist und daß z. B. auf elastischer Welle fliege angeordnete Massen leicht zu Erschütterungen der gan Maschine führen. Solche Erschütterungen sind durcha nicht immer von zwei zum Auswuchten vorhandenen Tari nuten aus zu beseitigen. Durch die nicht ausgeglichene M schine wird auch ihr Fundament in Schwingungen verse

Die Betrachtungen wurden mittels eingehender V suche mit umlaufenden Körpern auf festen und beweglich Fundamenten durchgeführt. Zunächst wurde zur leichter Nachprüfung der Ergebnisse und zum weiteren Studium d Problems eine Vorrichtung, Abb. 1, hergestellt, die wesentlichen aus einem durch Scheiben gebildeten Läu besteht; dieser wird mittels biegsamer Welle von ein Elektromotor mit beliebiger Drehzahl angetrieben.

Praktisch wurde ferner mit gutem Erfolg eine Rei von Turbodynamos, Turbokompressoren, Hochfreque maschinen usw. ausgewuchtet, deren unruhiger Gang so Veranlassung zu dauernden Störungen gegeben hätte; da mußte die nicht ganz einfache physikalische Aufgabe gel werden, in kurzen Betriebspausen an den langgebaut 10 t und darüber schweren Läufern Stellen ausfindig machen, wo die nur nach Gramm wiegenden Fehlgewich einzusetzen waren.

[M 242]

[1]) Z. f. angew. Math. und Mech. Bd. 6 (1926) S. 429.

Abb. 1
Vorrichtung zum Nachprüfen des Massenausgleiches rasch umlaufender Körper

Türme, Verankerung und Unterbauten der Delawarebrücke in Philadelphia[1]

Von Reg.-Baumstr. a. D. Dr.-Ing. Rudolf Bernhard, Berlin

Haupttürme — Verankerung — Unterbauten — Gesamtkosten der Brückenanlage.

Haupttürme

Die beiden mächtigen Stahltürme, über die die Hauptkabel geführt sind, bestehen aus zwei lotrechten Pfosten, die von vier, aus je zwei gekreuzten [T]rägen gebildeten Querverbänden zusammengehalten wer[den], Abb. 72 und 73. Die Gesamtturmhöhe beträgt 106 m, die Gesamtbreite quer zur Brückenachse 27,10 m. Als Baustoff wurde der vorher erwähnte Siliziumstahl verwandt, mit Ausnahme der wagerecht liegenden Stehbleche, die aus Kohlenstoffstahl hergestellt sind. Die Stahltürme bildeten ebenfalls lange Zeit einen sehr strittigen Punkt; sie wurden merkwürdigerweise von einzelnen amerikanischen Brückenbauern vom rein ästhetischen

[1] Schluß des Aufsatzes: „Die Delawarebrücke in Philadelphia" Z. Bd. 70 (1926) S. 1401, Bd. 71 (1927) S. 145 u. 422.

Abb. 77
Hauptturm, mittlerer Querschnitt

Abb. 78
Aufstellungstöße im Pfostenquerschnitt

Abb. 72 und 73 (links)
Hauptturm, Gesamtübersicht

Abb. 80 (rechts)
Hauptturmentwurf für eine ähnliche Brücke bei Poughkepsie (N. Y.) von Modjeski und Moran

[A]bb. 74 und 75
[A]usbildung des Hauptturmes

Abb. 76. Aufstellungstöße im Pfostenquerschnitt

Abb. 79. Haupttturmtor über der Fahrbahn mit Verbindungsfußweg

Standpunkt aus als zu d und daher als zu unsch bar angesehen. Eine Ver dung der Türme mit Ma werk war von vornhe nicht beabsichtigt.

Der kreuzförmige Q schnitt eines Turmpfost Abb. 74 bis 76, 77 und ist zellenartig zusamme setzt und hat parallel Brückenachse drei du gehende Hauptstehbleche einer Größtbreite von 3,6 am Turmkopf und von 11,7 am Turmfuß. Die Se länge einer aus den re winklig dazu verlaufen Stehblechen gebildeten dratischen Zelle beträgt 1,00 m. Ausgedehnte Dr versuche mit Querschn zum Teil in natürlicher G haben ergeben, daß $^1/_{30}$ di Zellenlänge für die Stehbl und Winkeldicke ausre Der Querschnitt eines Pfos liegt zwischen 11 600

Abb. 81
Haupttturm-Sattelauflager für die Haupt- und Hilfstegkabel (Hilfstegkabel bereits aufgelegt)

Abb. 89 bis 92
Anordnung der Kabelschuhe, Anschluß der 61 Kabelsträ an die Augenstabketten. (Die Zahlen beziehen sich auf Reihenfolge beim Einbau.)

Abb. 82
Querschnitt durch den Kabelsattel der Haupttürme (oben links die nachstellbaren Druckglieder)

Abb. 85 bis 88
Hauptkabelmuffen kurz unterhalb d schrägen Umlenkturmes

Abb. 83 und 84
'ankerungswiderlager
it Kabelumlenkturm

erscheint. In dem von Modjeski und Moran bereits 1924 fertiggestellten Vorentwurf[2]) einer Brücke über den Hudson bei Poughkepsie, N. Y., die ungefähr dieselben Größenabmessungen und dasselbe Brückensystem aufweist, sind schlanker erscheinende Haupttürme vorgeschlagen, Abb. 80.

Zur Besichtigung des Turminnern dient ein kleiner elektrischer Aufzug von rd. 1 × 0,80 m² Querschnitt, für eine Person ausreichend, Abb. 77.

Die Ausbildung des festen Sattelauflagers, Abb. 81, und der Übergang aus der kreisrunden in die sechseckige Kabelform, die Ausrundungen für die äußersten Stränge zeigen, gehen aus Abb. 82 hervor. Die Einspannung der Turmfüße am Granitpfeilerkopf erfolgt durch 1,68 m hohe gußstählerne Auflagerkörper mit zwanzig, bis rd. 7 m langen, Zugankern von je 7,6 cm Dmr. Zwischen Auflagerkörper und Granit ist eine 10 cm dicke Stahlplatte eingefügt, die nach Verlegung auf die richtige Höhe mit 0,08 mm Genauigkeit abgehobelt worden ist.

Verankerung

Die schwierigste Aufgabe bildet die Verankerung der Hauptkabel. Aus baulichen Gründen sind die Kabel bis 10,67 m hinter die Enden der Versteifungsträger geführt, über einen schrägstehenden, um 27 ° gegen die Senkrechte geneigten Stahlturm gebogen und dann unter 45 ° Neigung bis zur eigentlichen Verankerung weitergeleitet, Abb. 83 und 84. Kurz unterhalb der schrägen Umlenktürme folgen zwei kräftige Kabelmuffen aus Gußstahl, Abb. 85 bis 88, hinter denen sich das Kabel in seine 61 Stränge auflöst, die zu den entsprechenden Kabelschuhen, Abb. 89 bis 92, führen. Von hier aus beginnt die aus je zweimal 61 Augenstäben zusammengesetzte dreigliedrige Kette, die, in drei Gruppen zusammengefaßt, bis zu den neun, tief im Widerlager einbetonierten, 12,34 m langen und 1 m hohen kastenförmigen Verankerungsträ-

[2]) Wie mir der Entwurfverfasser inzwischen mitgeteilt hat, ist die Ausführung der Brücke mittlerweile bereits in Angriff genommen worden.

400 cm² und ist zusammengesetzt aus lechen und Winkeln von rd. 19 bis 38 mm icke. Die alle 3,60 m liegenden wagerechn und die innen alle 1,07 m stehenden nkrechten Bleche sind, damit man sie bechtigen kann, mit Mannlöchern versehen. ie Unterteilung des Querschnittes in vier bschnitte von 3 bis 9 m Länge zum Zwecke r Aufstellung geht aus den Systemskizzen, bb. 76 und 78, hervor. Zur genauen Bebeitung dieser riesigen Querschnitte in der 'erkstatt sind besondere Fräsmaschinen mit räsköpfen von 2,74 m Dmr. gebaut worden.

Der verhältnismäßig niedrige, auch stasch dicker als erforderlich, bemessene gen zwischen den Pfosten über der Fahrhn macht einen sehr massigen und die rartige Durchfahrt einen zu niedrigen Einuck, Abb. 79. In dem Bogenfachwerk t ein Verbindungsweg untergebracht. Für n gesamten Querverband der Pfosten ist r normale Kohlenstoffstahl verwendet worn, da die auftretenden Spannungen verltnismäßig gering sind, so daß die überarke Ausbildung um so unverständlicher

Abb. 95
Verankerungswiderlager, Augenstäbe vor dem Einbetonieren (Camdenseite)

Abb. 93 und 94
Verankerung des Hauptkabels durch Augenstabkette und Verankerungsträger

Abb. 100 und 101
Fußausbildung des Kabelumlenkturmes

gern reicht, Abb. 93 und 94 und 95 bis 97. Die **Kabelumlenktürme** bestehen wie die Haupttürme aus Siliziumstahl. Sie haben eine Gesamthöhe von 23,24 m und einen Querschnitt von 8350 cm², Abb. 98 bis 101. Je zwei Türme sind zu einem Rahmen vereinigt. Das aus zwei Teilen zusammengesetzte Auflager-Stahlgußstück wiegt 76 t. Die Vorteile dieser Art von Kabelumlenkung bestehen vor allem in einer wesentlichen Ersparnis an Fundamentmassen und

Abb. 98 und 99
Kabelumlenkturm, Gesamtansicht und Querverband

der kürzeren Unterbrechung der Fußwege durch die ste Lage des Kabels. Schließlich ist noch die dadurch g wonnene, an keiner Stelle durch den Versteifungsträg unterbrochene, klare Seillinie von Ufer zu Ufer vom schö heitlichen Gesichtspunkt aus hervorzuheben.

Flachverbände

Es sind drei verschiedene Flachverbände parallel z Fahrbahnfläche angeordnet. In Höhe des unteren Teil der Querträger ist der erste Windverband (Siliziumstah vorgesehen und als Diagonalverband, für jede Öffnu getrennt, mit längsbeweglichen Auflagern an den Mitt pfeilern ausgeführt, Abb. 102 und 103.

Durch Halbrahmen in jedem Knotenpunkt wird e Ausknicken des Obergurtes des Versteifungsträgers ve hindert, vergl. Abb. 52 (S. 422). Da die im Obergurt hie durch hervorgerufenen Zusatzspannungen nicht mehr a 210 kg/cm² betragen, ist die zulässige Spannung um dies Betrag vermindert worden.

Die unter den Gleisen angebrachten, flach liegend Schrägenverbindungen dienen zur Fahrbahnaussteifu und bilden den zweiten Flachverband. Der dritte Diag nalverband unter dem Fußweg versteift gleichzeitig au noch den Obergurt des Versteifungsträgers gegen se liches Ausknicken.

Abb. 96
'erankerungswiderlager, Augenstäbe einbetoniert (Philadelphiaseite)

Abb. 102 und 103
Windverband, längsbeweglicher Anschluß an den Haupttürmen

Abb. 97
ınkerungswiderlager, Anschluß zwischen Kabelmuffen und Augenstäben fertiggestellt

Abb. 104
Ablaufen eines Mittelpfeiler-Senkkastens von dem Helling

Unterbau

Mittelpfeiler. Die Senkkästen für die Mittel- ·ler wurden schiffbaumäßig auf einem Helling, Abb. 104, ·gestellt und schwimmend zur Baustelle befördert. Die ·tenmaße betragen 21,25 × 43,6 m bei einer Höhe von 25 m, Abb. 105. Die Kasten wurden mittels Druckluft ·senkt. Die Arbeitskammer ist aus Stahl, der Aufbau ·aber aus Holz. Zwei Personenschleusen für je 40 Mann · je zwei Materialschleusen von rd. 91 cm Dmr. für die ·i Abteilungen der Arbeitskammer regelten den Arbeits- ·ehr. Die tägliche Absenktiefe betrug 17 bis 38 cm.

Ankerpfeiler. Die Gründung der Verankerungs- ·rlager aus Eisenbeton erfolgte durch Absenken von zwei ·teckigen mit Stahlschneiden versehenen Eisenbeton- ·kästen von je 12,19 m × 38 m Querschnitt, Abb. 106 bis ·0 die in erster Linie den Wagerechtschub aufnehmen ·en, und mittels acht kreisförmiger Eisenbetonbrunnen, ·o 6,06 m äußerem Durchmesser. Sie wurden von ·r offenen Baugrube aus, unter Auspumpen des ·ndwassers und Erdaushub im Innern mit Greif- ·agern, Abb. 109 und 110, abgesenkt. Die endgültige Ab- ·ungstiefe bis auf den Felsboden betrug auf der Phila-delphiaseite rd. 18,3 m, auf der Camdenseite rd. 30,5 m unter Mittelhochwasser. Während des Frostes wurden das Betonmischwasser und der frisch geschüttete Beton durch Dampf

Abb. 105
Querschnitt durch den Senkkasten eines Mittelpfeilers

Abb. 109
Südseite. Im Vordergrunde fertig abgesenkte Brunnen.

Abb. 109 und 110. Verankerungswiderlager der Camdenseite, Baustelleneinrichtung und Absenkungsvorga

angewärmt. Aus Abb. 111 ist das zuletzt vorgenommene Absenken der kreisförmigen Brunnen zur Unterstützung der Granitarchitektur, aus Abb. 112 und 113 die Ausbildung der Abschlußtürme, die im Innern Personenaufzüge von der Straßenbahnhöhe zu den Fußwegen und bis zur Aussichtsplattform enthalten, ersichtlich. Die beiden Widerlager wurden in zwei Abschnitten hergestellt, zuerst die Betonunterbauten von etwa je 25 700 m³ und dann nach der Brückenmontage der Granitaufbau mit etwa je 27 000 m³ Inhalt.

Rampen

Auf die teils aus Eisen-, teils aus Eisenbetonkonstruktion bestehende Rampenausbildung, in der jegliche Kreuzung vermieden ist, soll hier nicht näher eingegangen werden. Es sei nur auf die sehr geschickte Verbindung der Fußwege und den bequemen Übergang der elektrischen

Schnitt A-B

Schnitt G-H

Schnitt C-D

Schnitt E-F

Abb. 106 bis 108
Rechteckiger Eisenbeton-Senkkasten der Verankerungswiderlager

Abb. 111
Verankerungswiderlager mit den fertig gesponnenen Hauptkabeln. Im Vordergrunde nachträgliches Absenk der Brunnen für die Granitverblendung (Camdensei

Abb. 112
Gesamtansicht des fertigen Verankerungswiderlagers (Philadelphiaseite)

Abb. 110
Nordseite. Im Vordergrunde Aufstellen der Eisengerippe für die Brunnenschlinge

…hnen nochmals hingewiesen, Abb. 114 bis 116. Abb. 117 …d 118 zeigen die Straßen- und Bahneinführung an den …mpenenden; Abb. 119, eine nach der Brückeneröffnung …n der Aero Service Corporation hergestellte Luftbild…fnahme, läßt die Verkehrsregelung mittels der weißen …ennstriche auf dem Straßenpflaster deutlich erkennen.

Massen und Kosten

Die Stahlgewichte und die Kostenverteilung ergeben …h aus Zahlentafel 2.

Die Kostenverteilung zwischen den drei Bauherren, …r Stadt Philadelphia und den beiden Staaten Pennsylvania …d New-Jersey, verhält sich rd. wie 1 : 1 : 1,5. Infolge …eigender Baustoffpreise und Löhne ist der ursprüngliche …stenanschlag um 29,9 Mill. ℳ überschritten worden; …rch einen Brückenzoll von rd. 1,00 ℳ/Fahrzeug sollen … gesamten Baukosten innerhalb von 15 Jahren wieder …gebracht werden.

Abb. 114 bis 116
…ampenausbildung. Die Querschnitte (I bis VI) zeigen …en allmählichen Übergang der verschiedenen Fahrbahnen

Schluß.

Dem leitenden Ingenieur des gesamten Brückenbaues, Herrn R. Modjeski, dem Statiker Herrn L. S. Moisseiff sowie dem örtlichen Bauleiter Herrn C. E. Chase sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung

Zahlentafel 2

Bauteil	Baustoff	Gewicht in t	
Haupttürme	Siliziumstahl	5880	8900
	Kohlenstoffstahl	2874	
	Gußstahl	146	
Verankerungstürme	Siliziumstahl	888	1575
	Kohlenstoffstahl	308	
	Gußstahl	379	
Hauptkabel und Aufhängekabel	Hauptkabeldraht	6140	9240
	Aufhängekabel	410	
	Verankerungsstahl	2150	
	Gußstahl	450	
Knotenbleche, Niete usw. dazu		90	
Versteifungsträger	Sonderstahl	5130	16 920
	Siliziumstahl	4130	
	Kohlenstoffstahl	7580	
Knotenbleche, Niete usw. dazu		80	
		Zusammen:	36 635

Der damalige mittlere Preis für 1 t Stahl betrug rd. 920 ℳ.

Kostenzusammenstellung nach dem Jahresbericht von 1925

	Mill ℳ
Eigentliche Brücke:	
Mittelpfeiler	6,78
Haupttürme	6,42
Endpfeiler und Kabelumlenktürme	23,30
Kabel und Aufhängeseile	12,65
Versteifungsträger und Fahrbahn	14,75
Rampen:	
Rampenbauten Philadelphia	17,60
„ Camden	15,—
Konstruktionskosten	96,50
Verwaltungskosten (Ingenieur- und Bauleitung)	6,30
Grunderwerb	48,20
Gesamtkosten	151,—

Abb. 117 und 118
Straßenführung an den Rampenenden mit Verkehrsregelung

mit Abbildungsunterlagen für die Abfassung dieses Berichtes gedankt. Herr H. D. Robinson als der beratende Ingenieur für die Kabel möge hier ebenfalls genannt werden. Eine Erwähnung sämtlicher Unternehm firmen ist natürlich nicht möglich. Der American Ca Co., New York, war die Lieferung des Kabeldrahtes, Bethlehem Steel Co. die der Hauptturmkonstruktion der American Bridge Co. die der Versteifungsträger, Fa bahn und Kabelumlenktürme übertragen worden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß diese n Brücke, sowohl vom baulichen Standpunkt wie auch hinsic lich der Schönheit ihrer Erscheinung ein hervorragendes genieurbauwerk darstellt, das Zeugnis von den Fortschrit der amerikanischen Brückenbaukunst ablegt. [B 2016

Abb. 113
Verankerungswiderlager, Querschnitt durch den Abschlußturm

Abb. 119
Ansicht der Delawarebrücke vom Flugzeug aus nac der Verkehrsübergabe

RUNDSCHAU

Betonbau

30. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins

Die seit einer langen Reihe von Jahren alljährlich im Frühjahr in Berlin stattfindenden Jahresversammlungen des Deutschen Beton-Vereins geben ein anschauliches Bild von dem ungeheuren Anwachsen des Einflusses des Betons auf Konstruktion und Ausführung der größeren Ingenieurbauwerke und von der Ausdehnung seiner Verwendung. Die Tagungen bilden einen beliebten Sammelpunkt aller im Betonbau wissenschaftlich und praktisch tätigen Ingenieure, und sowohl Besucherzahl wie Fülle der Darbietungen sind von Jahr zu Jahr gewachsen.

In diesem Jahre gab es nicht weniger als neunzehn, zum Teil fast stundenlange Vorträge über augenblicklich im Vordergrunde des Interesses stehende Bauausführungen und Fragen der wissenschaftlichen Forschung nebst den anschließenden Aussprachen, und zwar an nur zweiundeinhalb Tagen. Gewiß eine Rekordleistung, nicht zuletzt der Hörer! So anregend und erwünscht zweifellos ein solcher Querschnitt durch den Strom der Entwicklung des Betonbaues, wie er in jedem Jahre durch den Deutschen Betonverein gegeben wird, ist, so muß man doch angesichts der Fülle, zu der die Darbietungen angewachsen sind, dem Wunsche Raum geben, es möchte die bereits erreichte Grenze nicht mehr überschritten werden, damit nicht die Aufnahmefähigkeit der Teilnehmer erlahme und die Veranstaltung an Wert verliere, was im Interesse der Fortentwicklung sehr zu bedauern wäre. Die Möglichkeit, die Dauer der Vorträge zu beschränken, wird sich sicher finden lassen, wenn entbehrliche längere Einleitungen fortfielen und bei der Behandlung des Stoffes und der Erläuterung durch Lichtbilder oder Film mehr dem Rechnung getragen würde, daß die Hörer doch fast ausnahmslos im Betonbau mitten darin stehen.

Aus den angegebenen Gründen ist es selbstverständlich auch nicht möglich, im Rahmen dieses Berichtes für die Leser der Zeitschrift über den Inhalt der Vorträge und Erörterungen mehr zu geben als eine Übersicht über das Wesentlichste und kurze Hinweise auf das Bemerkenswerteste in der Entwicklung des Betonbaues.

An der Spitze des Programmes waren eine ganze Reihe Vorträge der

wissenschaftlichen Forschungsarbeit

gewidmet.

Prof. O. Graf berichtet über seine Versuche in der Materialprüfungsanstalt Stuttgart mit der Verarbeitung und Lagerung von Mörtel- und Betonproben bei niedriger Temperatur. Aus den Arbeiten geht hervor, daß der Einfluß der niedrigen Temperatur auf das Erhärten der verschiedenen Zemente sehr verschieden ist, und daß nicht, wie oft angenommen wird, die hochwertigen Zemente besonders ungünstig beeinflußt werden. Ein Teil der Zemente blieb infolge niedriger Anfangstemperatur dauernd zurück, ein anderer Teil holte bald das Versäumte nach. Wichtig, besonders für den Schachtbau nach dem Gefrierverfahren, sind die Ergebnisse der Untersuchungen von Mörtel, der bei gewöhnlicher Temperatur angemacht, nach der Verwendung über starkem Frost ausgesetzt wird. Sie zeigen starke Beeinflussung der Festigkeit. Weiter wurde über die Untersuchung von Zusätzen gegen Frosteinflüsse, besonders Chlorkalzium, berichtet. Bemerkenswert ist die Unempfindlichkeit eines Betons, der vor Einwirkung des Frostes bereits mehr als 100 kg/cm² Druckfestigkeit hatte, gegen Zerstörung bei wiederholtem Gefrieren und Auftauen unter Wasser und die große Widerstandfähigkeit von lufttrockenem Beton schon bei ganz geringer Festigkeit vor dem Gefrieren.

In seinem Vortrag über „Würfelfestigkeit und Säulenfestigkeit als Grundlage der Betonprüfung" zeigte Prof. Dr.-Ing. Gehler, Dresden, die Verschiedenheit der Ergebnisse der Würfelprobe bei vorhandener und bei durch Schmiermittel aufgehobener Endflächenreibung, nämlich lotrechte Spaltflächen, parallel zur Druckrichtung, statt der Doppelpyramiden bei Endflächenreibung. Er folgert aus seinen Versuchsergebnissen, daß die Mohrsche Grenzkurve für Beton aufgestellt werden kann und daß nach ihrer Auffindung die Sicherheit des Betons in Eisenbetonbauten im Druckbereich, wenigstens für ebene Spannungszustände, bestimmt angebbar ist. Auf Grund dieser Vorversuche hält er weitere Versuche zur Klärung der Frage, ob Säulen statt Würfel künftig zu prüfen sein werden, für aussichtsvoll.

In der viel erörterten Frage der Durchführung einer Prüfung des Betons auf der Baustelle machte das geschäftsführende Vorstandsmitglied des Deutschen Betonvereins, Dr.-Ing. W. Petry, Oberkassel-Siegkreis, bemerkenswerte Mitteilungen über die bisherigen Arbeiten des zur Prüfung dieser Frage eingesetzten Ausschusses. Zum Vergleich wurde die Betonprüfung nach drei Verfahren vorgenommen, indem bestimmt wurde: einmal die Biegedruckfestigkeit an bewehrten Probebalken, ferner die Druckfestigkeit an Würfeln und schließlich die Biegezugfestigkeit an unbewehrten Betonbalken. Für die Balkenprüfung ist eine einfache, auf Baustellen leicht verwendbare Prüfmaschine gebaut worden. Versuche, zu einem einfachen Verfahren der schnellen Prüfung des Zementes auf seine Zugfestigkeit zu gelangen, sind noch nicht abgeschlossen.

Untersuchungen über die Güteverhältnisse von Gußbeton im Sinne der neueren Betonforschung, die dem Verhältnis Zement und Wasser entscheidenden Einfluß zuteilt, teilt Regierungsbaurat Gaye, Wesermünde, mit. Seine Studien stützen sich auf besonders eingehende Beschäftigung mit Gußbeton beim Bau der Schleuse in Wesermünde. Die von ihm gefundenen Ergebnisse bestätigen, daß die Druckfestigkeit von Betonwürfeln nach 28 Tagen etwa gleich derjenigen von Würfeln ist, die aus reinem Zement mit derselben Wasserbeigabe, demselben Zementleim, hergestellt sind. Die Zugfestigkeit solchen Zementsteins ist zusammen mit seiner Haftfestigkeit an den Zuschlagstoffen maßgebend für die Zugfestigkeit des Betons, und die Wasserdichtigkeit des Zementsteins, die mit dem Wasserbestandteil des Zementleims wächst, für die des Betons. Richtige Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe erspart Zement, mithin Gewicht des Betons, und vermindert den nicht raumbeständigen Zementsteinteil am Beton.

Sehr beachtliche Ausführungen machte Geh. Reg.-Rat Prof. Otzen, Hannover, über „Neuere deutsche Betonstraßen". Er erörterte eingehend die Anforderungen des Straßenbaues an die Eigenschaften des Betons und wies auf die vom Ausschuß für wissenschaftliche und praktische Straßenbauforschung der Studiengesellschaft für Automobilstraßenbau aufgestellten Richtlinien für die einheitliche Prüfung von Straßenbaubeton hin. Nachdem der Vortragende auf die bisherigen, noch wenig umfangreichen Ausführungen von Betonstraßen in Deutschland eingegangen war, gab er zum Schluß sehr günstige Ausblicke auf die künftige Entwicklung des Betonstraßenbaues auch in Deutschland. Freilich machte er dabei die Voraussetzung, daß alle Anstrengungen gemacht werden, die Güte des Betons den besonderen Anforderungen des Straßenbaues anzupassen.

Ein Vortrag über Tonerdeschmelzzement und seine Anwendung bei Eisenbetonbauausführungen und Putzarbeiten von Magistratsbaurat Orthaus, Hannover, beschäftigte sich mit den Eigenschaften des Alka-Zements sowie seinem Verhalten beim Abbinden und Erhärten, die es ermöglichen, ihn bei Frost nach längerem Lagern und unter chemischen Einwirkungen mit Vorteil zu verwenden, und bildete den Abschluß des den Betonforschungsarbeiten gewidmeten Teiles.

Ein weiterer Teil der Vorträge war der Behandlung der

konstruktiven Gesichtspunkte

gewidmet. In sehr lehrreichen Ausführungen „Über einige grundsätzliche Fragen bei der Konstruktion gewölbter Brücken" beschäftigte sich Prof. Spangenberg, München, mit der in Deutschland wenig angewendeten Eisenbewehrung der Betongewölbe mit Gelenken und deren Zweckmäßigkeit und zeigte als Beispiel die Ausführung einer größeren Straßenbrücke dieser Bauart über die Ruhr bei Blankenstein. Auch die Anforderungen, die der neuzeitliche Eisenbahnverkehr an die Konstruktion gewölbter Brücken stellt, wurden eingehend behandelt.

Gedanken über eine neuzeitliche Beton-Grundbautechnik entwickelte Zivilingenieur O. Stern, Wien, auf Grund der Fortschritte bodenphysikalischer Erkenntnisse. Seine Ausführungen brachten sehr wertvolle Hinweise, wie bodenphysikalische Forschungen nutzbar gemacht werden müssen, um zu einer Beseitigung der zur Zeit noch bestehenden Unsicherheit in der Beurteilung der wirklichen Spannungsverhältnisse im Untergrund und der zulässigen Bodenbelastung zu gelangen, und kennzeichneten die Unwirtschaftlichkeit der gebräuchlichen offenen Gründungen unter Bodenfreilegung infolge der Vernachlässigung der Lastabbürdung, Verlust der natürlichen Verspannung im Boden und ungleichmäßiger Spannungsverteilung auf ebenen Bausohlen.

Nicht unerheblichen Widerspruch erfuhren die Grundsätze für Sicherung von Bauwerken gegen Abbauschäden im Bergbaugebiet, die Prof. Dr.-Ing. Mautner, Düsseldorf, in seinem Vortrag über „Die neuen bergschadensicheren Wasserbehälter der Stadt Essen (Lagerungsverhältnisse von Bauwerken im Bergbau-Senkungsgebiet)“ in der Anwendung zeigte. Mautner erörterte die statisch bestimmte Lagerung derartiger Bauwerke auf drei Punkten, insbesondere die Bewegungsvorgänge der Lagerschalen bei größeren Senkungen, und kam zu einer Ablehnung dieser Lagerung wegen der Schwierigkeit, für die großen Lagerdrücke die Punktlager richtig auszubilden und eine Sicherung gegen Zerrungen und Pressungen zu erreichen. Dagegen befürwortete er die von ihm gewählte Flächenlagerung auf verkleinerter Grundfläche, hob ihre Vorzüge hervor und machte Mitteilungen über die Berechnung und den Arbeitsvorgang. Angesichts der unverhältnismäßig großen aufzuwendenden Betonmassen für eine derartige Gründung erscheinen die Einwendungen der Unwirtschaftlichkeit nicht ganz unbegründet, zumal bei den tatsächlichen Größen der Senkungen die Schwierigkeiten der Dreipunktlagerung doch nicht als unüberwindbar anzusehen sind.

Über den entscheidenden Anteil, den die konstruktive Verwendung von Eisenbeton bei dem Bau von Kaimauern in großen Hafentiefen gewonnen hat, brachte Direktor Piel von der Firma Butzer, Dortmund-s'Gravenhage, aus den holländischen Hafenbauten und eigenen Ausführungen belangreiche Beispiele. Die besonders ungünstigen Bodenverhältnisse mit Forderung großer Tiefe bis 15,5 m unter Normalwasser in Holland haben hier dem Eisenbeton wichtige Aufgaben gestellt, die durch Eisenbeton-Senkkästen und in neuester Zeit durch Eisenbeton-Pfahlmauern vorbildlich gelöst worden sind, wie u. a. an den Ausführungsbeispielen in Schiedam, Vlaardingen und Vlissingen gezeigt wurde.

Nicht eigentlich zu Konstruktionsfragen des Eisenbetons gehörten die Darlegungen des Wiener Zivilingenieurs Brausewetter über die „Steinmetzzeichen und das Hüttengeheimnis“. Immerhin boten die Rückblicke auf die Geschichte der alten Bauhütten ferner die Betrachtungen über die den historischen Bauten zugrunde liegenden geometrischen Grundnetze und Proportionalitätsverhältnisse sowie das Vorkommen gleicher geometrischer Gesetze in der Natur eine Fülle von Anregungen, die eine Auswirkung auch auf das Bauen mit dem neuesten Baustoff Beton finden können.

Mit „Neuerungen im Bau von Eisenbetonmasten“ erörterte schließlich noch Oberingenieur Kisse von den Bayerischen Stickstoffwerken, München, ein in neuester Zeit besonders wichtig gewordenes Gebiet der konstruktiven Anwendung des Eisenbetons. Eine Übersicht der nach den früheren Bestimmungen konstruierten Maste zeigte deutlich, daß die zu schweren Querschnitte keine brauchbaren Lösungen gestatteten. Erst nachdem die neuen „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen“ gestatten, nur die dreifache Nutzlast der Berechnung zugrunde zu legen, war es möglich, zweckmäßige und wirtschaftliche Maste zu konstruieren, wie an dem Beispiel des Kisse-Mastes gezeigt wurde. Besonders hervorzuheben ist, daß dabei mit einer Schalungstype auszukommen ist für Masten aller Spitzenzüge von 100 bis 10 000 kg, und daß dadurch fabrikmäßige Herstellung Platz greifen kann, die die Betonmasten gegenüber den Holzmasten bei der Herstellung der Leitungen wettbewerbfähig macht. Wie und mit welchen Hilfsmitteln diese Masten aller Verwendungsarbeiten aus Eisenbeton fabrikatorisch gefertigt werden, zeigte eine Reihe von lehrreichen Lichtbildern.

Auf die Vorträge, die Mitteilungen über die Ausführung verschiedener Bauwerke, wie „die Allnerbrücke bei Siegburg und die Wahnbachtalbrücke“ durch Regierungsbaumeister Schmidt von der Firma Hüser & Cie., Oberkassel, „Sicherungsarbeiten zur Erhaltung der Westgruppe des Mainzer Doms“ durch Prof. Rüth, Biebrich a. Rh., und den „Bau der Zwillingsschachtschleuse in Fürstenberg a. O.“ durch Reg.-Baurat Möller, Fürstenberg a. O., soll im Hinblick auf eingehende Behandlung an andern Stellen hier nur hingewiesen werden, obwohl namentlich das letztgenannte Bauwerk wegen seiner Größe und Bedeutung sowie wegen der angewandten Bauverfahren besondere Beachtung erfordert.

Dagegen wird es nützlich sein, aus der letzten Gruppe der Vorträge, die Art und Mittel der Ausführung von großen und schwierigen Beton- und Eisenbetonbauten behandelten, das Wesentlichste zu berichten.

Obering. Beuteführ von der Firma Dykerhoff & Widmann, A.-G., Biebrich a. Rh., zeigte das Betonieren mittels Bandförderanlage beim Bau der Doppelschleuse Mannheim des Neckarkanals. Im Gegensatz zum Gußbetonverfahren, wo die Aufgabe der Förderung großer Betonmassen durch Gießtürme u. a. häufig gelöst ist, mußt hier die erdfeuchte Masse für den gewählten Stampfbeton in großen Mengen — rd. 65 000 m³ — gefördert werden Das geschah durch eine Bandförderanlage von etwa 160 m Länge mit einer Höchstleistung von 45 m³/h, die nicht nu der Beförderung des fertigen Betons, sondern auch de Kieses und Zementes diente.

Als Gegenstück zu den Förderarten für Guß- un Stampfbeton behandelte ein Vortrag von Reg.-Baumeiste Fraenkel von der Torkret-Gesellschaft m. b. H., Berlin die Entwicklung und gegenwärtige Anwendung der Beton förderung mittels Druckluft. Für größere Torkretierunge hat man eine Spritzmaschine bis zu einer Leistung, die de Höchstarbeitsleistung des die Düse bedienenden Manne entspricht, gebaut und verwendet, die „Zementkanone“ S mit einer Leistung von 5 m³/h loser oder 2,5 m³/h feste Masse. Eine größere Menge loser Betonmasse als 5 m³/ läßt sich zum Torkretieren nicht mehr verwenden. Be weiterer Steigerung müßte der Beton in Schalungen ein gebracht werden, was wiederum die Vernichtung der Beton geschwindigkeit durch eine Prelldüse erfordert. Solch nur dem Fördern, nicht mehr dem Verdichten des flüssige Betons dienende Maschinen sind für Leistungen von 8, 1 und 30 m³/h und Förderlängen von 200 bis 500 m bei einen Energiebedarf von 6 und 12 kW der 10 m³-Maschine gebau worden.

Aus dem Gebiete der Mechanisierung des Baubetriebe behandelte Privatdozent Dr.-Ing. Garbotz, Oberingenieu der Siemens-Bauunion, Berlin, in seinem Vortrag übe „Neuere Geräte und Maschinen im Beton- und Tiefbau“ ein Reihe von neuzeitlichen Beispielen, wie Aufbereit anlagen für Zuschlagstoffe, Betonmisch- und -förder maschinen, Straßenbaumaschinen, Straßenaufreißer, ferne Raupen-Eimerkettenbagger mit Rohölantrieb und die an Shannon in Irland zum Bau von 18 m hohen Dämmen be einem zum Schütten in gewöhnlichen Kipplorenbetrie wenig geeigneten Boden mit Vorteil verwendeten Förder einrichtungen. Bemerkenswert war die aus seinen Dar stellungen hervorgehende vorteilhafte Verwendung un wachsende Verbreitung des elektrischen Antriebes für Ma schinen aller Art im Baubetrieb.

Über ein die Fortschritte im Einrüstungsverfahren de neuen Schalenkuppeln aus Eisenbeton besonders kennzeich nendes Beispiel der Planetariumkuppel in Mannheim be richtete schließlich noch Obering. Scherzinger vo der Firma Hoffmann & Söhne, Ludwigshafen. Zur Her stellung der 26,36 m weiten Schalenkuppel von 4,5 cm Dick aus einer Rundeisenbewehrung mit Torkretspritzung, wobe man hochwertigen Zement verwendete, wurden zwei ein ander gegenüberliegende Sektorengerüste, die sich auf ei mittleres festes Gerüst stützen und sich um dieses drehten benutzt. Diese Sektoren trugen die Schalung, und au ihr wurden zugleich zwei einander gegenüberliegende Sek toren der Kuppelschale und durch Drehung des Gerüste nacheinander die sechs übrigen Sektorenpaare ausgeführt

[N 319] Bu.

Dampfkraftanlagen

Dampfverbrauch und thermodynamisch Wirkungsgrade einer Gegendruckturbin

Im Juli 1926 wurden an einer Gegendruck-Turbodynamo der Bauarten Borsig-Brünn und Siemens-Schuckertwerk von 2400 kVA Abnahmeversuche durchgeführt, deren Er gebnisse einige Beachtung verdienen dürften. Di Gruppe, Abb. 1, besteht aus einer von A. Borsig, Berlin Tegel, nach Lizenzen der Ersten Brünner Maschinenfabriks Gesellschaft gebauten Gegendruck-Dampfturbine und einem von den Siemens-Schuckertwerken, Berlin-Siemensstadt, ge bauten Drehstromerzeuger von 2400 kVA bei cos $\varphi = 1$ un 3000 Uml./min. Für diese Gruppe waren sehr eingehende Gewährleistungen gegeben worden, die sich nicht nur au Leistung, Wirkungsgrad und Dampfverbrauch bezogen sondern auch auf die Durchführung der Abnahmeversuch und die dabei zu verwendenden Meßgeräte und Meßverfahren

Bezüglich des Dampfverbrauchs war zugesichert, da die Turbine bei Messung der Leistung an den Stromerzeuger klemmen einschließlich der Erregerarbeit und abzüglich Niederschlagwasser in der Dampfleitung vom Dampfmesser bis zum Eintrittstutzen mit Dampf von 12 at und 325 bei 3,5 at abs Gegendruck und cos $\varphi = 0{,}8$ folgende Werte erreichen würde:

Belastung	4/4	3/4	2/4	
Dampfverbrauch	15,4	16,5	18,6	kg/kWh
Stromerzeuger-Wirkungsgrad	93,3	93,2	92,0	vH

Als 4/4 oder Vollast sollte hierbei eine Leistung zu grunde gelegt werden, die zwischen 2100 und 1925 kW möglichst jedoch in der Nähe von 1925 kW liegt. Die zu

Abb. 1
Turbodynamo von 2400 kVA der Bauarten Borsig-Brünn und Siemens-Schuckertwerke

gesicherten Werte für Leistung und Dampfverbrauch sind in Abb. 2 mit gestrichelten Linien dargestellt.

Die Turbine ist mit Düsenregelung ausgestattet. Am Rückführgestänge der mittelbar wirkenden Regelung greifen der Geschwindigkeitsregler und der Servomotorkolben einer Gegendruckregelung an. Der Servomotorkolben wird durch einen Askania-Strahlrohrregler betätigt.

Die Turbine regelt infolgedessen auf gleichbleibende Drehzahl und auf gleichbleibenden Gegendruck. Durch Festklemmen des Servomotorkolbens mittels einer Flügelmutter kann man die Gegendruckregelung leicht außer Betrieb setzen, so daß dann nur noch die Geschwindigkeitsregelung wirkt. Für die Gegendruckregelung war gewährleistet, daß sie den Gegendruck auf 0,1 at genau einhalten soll.

Abb. 2
Zugesicherte und erreichte Werte für Leistung und Dampfverbrauch

Abb. 3
Verlauf des Gegendruckes bei wechselndem Dampfverbrauch und wechselndem Anfangsdruck

Zahlentafel 1. Versuchsergebnisse einer Gegendruckturbodynamo für 2400 kVA bei 3000 Uml./min, 14 at abs und 325° am Eintritt sowie 3,5 at abs am Austritt

Versuch Nr.		1	2	3	4	5	6
Belastung an den Klemmen	kW	1 963	1 594	1 122	1 180	1 385	2 158
Phasenverschiebung (cos φ)		1,0	0,939	0,842	0,844	0,956	1,0
Dampfüberdruck vor dem Eintrittstutzen	at	12,30	12,11	12,57	12,08	12,07	12,33
Dampftemperatur vor dem Eintrittstutzen	°C	323	318,3	313,0	309,7	309,9	310
Dampfüberdruck in der 1. Stufe	at	10,65	9,14	7,39	7,53	8,31	11,30
„ hinter der Turbine	„	2,411	2,403	2,394	2,400	2,404	2,440
Dampftemperatur hinter der Turbine	°C	189,7	190,5	196,7	194,2	187,0	180,9
Dampfverbrauch	kg/h	29 165	25 115	20 065	20 595	22 915	33 765
„	kg/kWh	14,85	15,76	17,88	17,44	16,55	15,64
Stromerzeuger-Wirkungsgrad (cos $\varphi = 1$)	vH	94,5	94,2	92,5	92,5	93,0	94,5
„ „ (cos $\varphi = 0,8$)	„	93,5	93,3	92,3	92,5	92,7	93,5
Dampfverbrauch, umgerechnet auf das zugesicherte Wärmegefälle und auf cos $\varphi = 0,8$	kg/kWh	15,46	16,06	18,10	17,39	16,53	15,70
Thermodynam. Wirkungsgrad, bez. auf die Klemmenleistung	vH	76,0	73,2	64,9	67,6	71,1	74,9
desgl., bezogen auf die Leistung an der Kupplung	„	81,3	78,5	70,3	73,1	76,7	80,1

Die Messung der Dampfmengen erfolgte mittels einer Venturidüse von Bopp & Reuther in Mannheim-Waldhof, an die ein einfaches Differential-Quecksilbermanometer angeschlossen war. Die Venturidüse wurde vor dem Einbau mit Wasser geeicht. Die Dampftemperatur wurde durch Quecksilber-Thermometer angezeigt; diese steckten in Thermometerstutzen mit Ölfüllung, die auf der Dampfseite zur Vermeidung von Meßfehlern mit Rippen versehen waren.

Die abgegebene Leistung wurde mit Präzisionsgeräten nach dem Zweiwattmeter-Verfahren gemessen. Sämtliche Geräte wurden zuvor geeicht. Die adiabatischen Wärmegefälle zur Berechnung des thermodynamischen Wirkungsgrades wurden aus der Entropietafel von Knoblauch, Raisch und Hausen ermittelt.

Aus den Versuchswerten, Zahlentafel 1 und Abb. 2, ergibt sich, daß die Turbine bei allen Belastungen die gegebenen Zusicherungen nicht nur erfüllt, sondern sogar nicht unwesentlich unterschritten hat. Der thermodynamische Wirkungsgrad betrug im besten Falle 76 vH, bezogen auf die Klemmenleistung, und 81,3 vH, bezogen auf die Leistung an der Kupplung.

Die Turbine lief bei allen Belastungen hervorragend ruhig und gleichmäßig; insbesondere fiel der Strahlrohrregler für den Gegendruck durch sein empfindliches und genaues Arbeiten auf; s. z. B. Abb. 3. Trotz erheblicher Schwankungen im Frischdampfdruck und im Dampfverbrauch war der Gegendruck sehr gleichmäßig. Nur bei sehr großen Änderungen im Dampfverbrauch macht sich in der Linie des Gegendruckmanometers ein kleiner, ganz kurze Zeit dauernder Ausschlag bemerkbar, der jedoch meistens weniger als 0,1 at beträgt. [M 169]

Mannheim Obering. L. Neußel

Hebezeuge

Wippdrehkrane

Abb. 4 zeigt den Aufbau eines Wippauslegerkranes der Firma Kampnagel, Hamburg, bei dem das Wippen nur eine verhältnismäßig geringe Kraft erforderlich macht und gegenüber früheren Ausführungen eine größere Arbeitsgeschwindigkeit erreicht wird.

Die auf einem beliebig ausgebildeten Unterbau *a* aufgestellte Fahrbühne *b* trägt ein Gerüst *c*, an dessen höchster Stelle, möglichst weit nach vorn vorgebaut, der zweiarmige Ausleger *d* um den Punkt *e* drehbar angeordnet ist. Durch die weit vorgeschobene Lage des Wippunktes *e* soll ein möglichst großer Hebelarm am hinteren Teile des Auslegers geschaffen werden. Der äußerste Punkt *f* dieses Hebelarmes ist durch Gewindespindel, Zahnstange, Kette oder Seil *g* mit dem am Gerüst eingebauten Wippwerk *h* verbunden, so daß der Ausleger zwischen den Endstellungen I und II beliebig eingestellt werden kann. Im hinteren Arm des Auslegers ist in einer Gleitbahn *i* eine Umlenkrolle *k* beweglich gelagert, die mit einem über die Rolle *m* laufenden Zugseil *l* an einem festen Punkt *n* des Gerüstes befestigt ist.

Abb. 4 Kampnagel-Wippdrehkran

a Unterbau
b Fahrbühne
c Gerüst
d zweiarmiger Ausleger
e Wippunkt für d
f äußerster Punkt
g Seil oder andres Zugorgan zum Wippen
h Wippwerk
i Gleitbahn
k Umlenkrolle
l Zugorgan
m Rolle
n fester Punkt
o Hubseil
p Windentrommel
q Auslegerkopfrolle

Das Hubseil *o* wird, von der Windentrommel *p* kommend, über die Umlenkrolle *k* zur Auslegerkopfrolle *q* geführt. Wird nun der Ausleger von der Stellung I in die Stellung II bewegt, so gleitet die Umlenkrolle *k* in der Gleitbahn *i* nach vorn und verlängert das Hubseil, so daß die Last sich auf einer annähernd wagerechten Linie bewegt.

Durch das Zugseil *l* wird hierbei ein rechtsdrehendes Moment auf den Ausleger ausgeübt. Dieses Moment ist von der Hubseilspannung abhängig und kann so gewählt werden, daß es das linksdrehende Moment aus Last und Ausleger auszugleichen vermag.

Dies wird einmal durch die Lage des Wippunktes *e* erreicht, der so angeordnet werden muß, daß er in die Richtung der resultierenden Kraft aus Seilspannungen und Auslegereigengewicht fällt; zweitens kann das rechtsdrehende Moment durch Verschieben des Befestigungspunktes nach rechts oder links innerhalb gewisser Grenzen verändert werden. Durch diese Anordnung wird die größtmögliche Entlastung erreicht, so daß der Wippwerkmotor nur die Reibungswiderstände zu überwinden hat.

Reichen die durch die Ausführung bedingten Abmessungen des Auslegers nicht aus, um mittels der Rolle *m* die Last wagerecht zu bewegen, so wird diese Rolle durch eine Doppeltrommel mit verschiedenen Durchmessern ersetzt, bei der die Längen des auf- und abzuwickelnden Stranges beliebig gegeneinander abgestuft werden können. Hierdurch

Abb. 5
Halbportal-Laufwippkran für Hafenbetrieb

Abb. 6
Halbportal-Laufwippkran mit Gelenkausleger

wird der Weg der Umlenkrolle k in der Gleitbahn i unabhängig vom Weg des Punktes f und kann der wagerechten Bewegung der Last genau angepaßt werden.

Abb. 5 zeigt die konstruktive Ausbildung eines ausgeführten Halbportal-Wippkranes. Eine andre Ausführung, Abb. 6, gestattet bei gleichbleibender Rollen- und Lasthöhe, die Last durch eine in der Stirnwand des Schuppens befindliche Luke einzubringen und auf einem Podest abzusetzen. Die Last kann dann unmittelbar vom Laufkran im Schuppen, der so weit vorfährt, aufgenommen werden.

Die Hauptvorteile dieser Einziehkrane sind: geringe Behinderung durch Deckaufbauten; Arbeiten zweier Krane auf eine Ladeluke und schnelle Erreichbarkeit eines beliebigen Punktes der Fläche, die durch die Kreise der größten und kleinsten Ausladung begrenzt ist, und zwar ohne daß der Kran hierbei verfahren werden muß.

Beachtenswert ist die Gegenüberstellung der beiden verschiedenen Lösungen derselben Aufgabe, Abb. 5 und 6. Beide Krane sollen zum Laden und Löschen für Kaischuppenbetrieb bei ausgesprochener Stückgutlagerung dienen. In beiden Fällen nehmen die Kaischuppen eine vollständig durch Laufkrane zu bestreichende Fläche von 45 . 100 m² ein, wobei die längere Seite der Grundstücke parallel zur Kaimauer liegt.

Bei der Ausführung nach Abb. 5 wurde das Grundstück durch drei Schuppen von je 15 . 100 m² Grundfläche aufgeteilt. Jeder der Schuppen enthält eine nicht unterteilte Fahrbahn für drei Laufkrane (so daß zusammen neun Laufkrane benutzt werden). Vom Schiff zum Kai wurden die Güter durch vier fahrbare, elektrisch betriebene Halbportal-Drehkrane mit Wippausleger umgeschlagen. Durch Vermittlung eines Elektrokarren werden die Güter den Laufkranen zugeführt. Bei der Ausführung nach Abb. 6 sind vier Lagerschuppen quer zur Kaikante angeordnet. Hier werden die Güter unmittelbar übernommen, so daß der Elektrokarren in Fortfall kommt.

Für die Ausführung nach Abb. 5 sind neun Laufkrane von 14,35 m Spannweite mit insgesamt 600 m Laufbahn sowie acht Elektrokarren nötig, während die Ausführung nach Abb. 6 nur vier Laufkrane von 24 m Spannweite mit insgesamt 360 m Laufbahn erfordern. Infolge der größeren Spannweiten sind die Kranfahrmotoren bei derselben Geschwindigkeit von 80 m/min von 7 auf 10 PS zu verstärken. Je nach den gegebenen örtlichen Verhältnissen ist also zwischen der einen oder der andern Bauart zu wählen. [M 2600]

München J. M. Bernhard

Elektrotechnik

Rundfunkstörung vermeidender Stromabnehmer

Die Stromabnehmer müssen sich auszeichnen durch einfache Bauart bei unbedingter Betriebsicherheit (also gewölbte Form), große Strombelastungsfähigkeit, Verwendung eines polierfähigen und Einkerbungen nicht unterworfenen Baustoffes bei billiger und einfacher täglicher Instandhaltung. Die Grundbedingung für die Beseitigung der Rundfunkstörungen ist funkenfreier, geräuschloser Gang und kleiner Übergangswiderstand.

Diesen Anforderungen entsprechen Rollen und Aluminiumschleifstück nicht. Erst durch ein Schleifstück mit geringem spezifischem Druck, also durch Großoberflächen-Stromabnehmer, werden sie erfüllt. Ein möglichst hartes, gut polierbares Metall eignet sich für das als Platte ausgeführte Schleifstück besser als ein solches aus weichem Metall.

Sehr wesentlich für die Schonung von Oberleitung und Abnehmer ist, daß sowohl die Leitung als auch die Schleiffläche des Stromabnehmers gut poliert sind. Diese wechselseitige Polierung beider Schleifflächen wurde durch zweckmäßige Fettschmierung der Platte unterstützt. Bei solchen geschmierten Flächen vermindert sich nicht nur der Reibungswiderstand, sondern auch der Übergangswiderstand auf ein Drittel bis ein Fünftel des Widerstandes bei der ungeschmierten Gleitfläche. Gleich gute Ergebnisse wurden bei Kupfer-, Bronze- oder Eisenfahrdraht erzielt.

Abb. 7 bis 9 zeigen einen Großflächen-Stromabnehmer, den von Fischerschen Rundfunkbügel. Er besteht aus einer dünnen, breiten, mit Schmiernuten a, b versehenen, steifen, gewölbten Platte c aus Sondermetall, die sich um die Achse d frei bewegt. Die sichere Einstellung der Platte in der wagerechten Lage wird durch ein an der Platte befestigtes, den Betriebsverhältnissen entsprechend verschiedenartig ausgeführtes Gegengewicht e bewirkt. Die einfache Ausführung ermöglicht Einbau des Stromabnehmers in die verschiedenen Rahmen ohne irgendwelche Umänderung. Der Stromabnehmer kann aus einer oder mehreren Schleifflächen bestehen; im letztgenannten Fall arbeiten die andern Schleifflächen als Gegengewicht.

Abb. 7 bis **9**
Stromabnehmer, Bauart von Fischer
a, b Schmiernuten c steife, gewölbte Platte aus Sondermetall
d Achse e Gegengewicht

Mit einer Eisenplatte hat man in einzelnen Städten 90 000 km zurücklegen können. Die durchschnittliche Lebensdauer beträgt ungefähr das 6- bis 8-fache des Aluminiumbügels. Der spezifische Druck der Platte beträgt nur 40 g/mm² gegen 80 g/mm² beim Kohlenbügel und 800 g/mm² beim Aluminiumbügel. Der Fischersche Rundfunkbügel läuft seit Jahren bei vielen Straßenbahnbetrieben, z. B. in ganz Ungarn, bei der Wiener Stadtbahn, Lokalbahn Wien—Baden, Eberswalde, Brandenburg a. H. Bei den Budapester Städtischen Straßenbahnen, wo der Stromabnehmer seit über drei Jahren auf sämtlichen Wagen läuft, hat Oberbaurat Kertész die sehr bemerkenswerte Wahrnehmung gemacht, daß die Riffelbildung der Oberleitung in engem Zusammenhang mit der Breite des Schleifkontaktes steht. Die Oberleitung kann nämlich als eine gespannte Saite mit festen Unterstützungspunkten betrachtet werden, auf der der Stromabnehmer wie ein Geigenbogen gleitet.

Das schmale Kontaktstück erzeugt am Fahrdraht immer dieselben Schwingungen, die z. B. beim Aluminiumschleifstück bei der Fahrt einen hörbaren, pfeifenden Laut verursachen. Da diese Schwingungen immer dieselben gleichen stehenden Wellen erzeugen, berührt das Schleifstück praktisch immer dieselben Stellen und zwar jeweils den höchsten und niedrigsten Punkt der durch die Schwingungen am Fahrdraht erzeugten Wellen. An den tiefen Stellen entstehen Funken, die zur Riffelbildung führen. Ein breites Kontaktstück hingegen verhindert das Entstehen solcher Schwingungswellen und damit die Riffelbildung.

In Budapest haben demzufolge die Querdrähte, die meist an den Häusern befestigt sind, keine mit Gummipuffern versehenen Schalldämpfer. Die gegenseitig selbsttätige Polierung von Schleifstück und Oberleitung bringt mit sich, daß der hier beschriebene Stromabnehmer geräuschlos und funkenlos gleitet und daher auch die Rundfunkstörungen — wie die amtlichen Messungen der Budapester Oberpostdirektion gezeigt haben — praktisch beseitigt. [M 249]

Budapest Dipl.-Ing. Zerkowitz

Der Isolierstoff Glyptal

In der Elektrotechnik hat man seit längerer Zeit bei der Herstellung von zusammengesetzten Isolierstoffen, wie Mikanit, Mikarta u. ä. als Bindemittel Kunstharze angewandt, die auch in Alkohol gelöst als Isolierlacke weitgehend benutzt werden. Als hauptsächlichste Eigenschaften verlangt man: hohe elektrische Durchschlagfestigkeit, Kittfähigkeit, Unempfindlichkeit gegen Erhitzung, gegen Feuchtigkeit und gegen Öle. Der von Dr. Baekeland im Jahre 1909 entdeckte Bakelitlack erfüllt diese Bedingungen in hohem Maß und hat bisher auch, namentlich wegen seiner Wärmebeständigkeit, einen hervorragenden Platz unter den Isolierlacken eingenommen.

Neuerdings ist nun aus dem Laboratorium der General Electric Co., Schenectady, ein neues geschütztes[1]) künstliches Harz hervorgegangen, das gegenüber den bisher bekannten Kunstharzen bedeutende Vorzüge hat. Man hat ihm den Namen Glyptal gegeben. Im Gegensatz zu Bakelit, das aus einer Reaktion von Formaldehyd auf Phenol in Gegenwart eines alkalischen Katalysators gewonnen wird, verwendet man Glyzerin und Phthalsäureanhydrid als Ausgangstoffe für Glyptal.

Glyptal hat nach einem ausführlichen Bericht von L. E. Barringer,[2]) besonders wertvolle Eigenschaften als Bindemittel für die Herstellung von Mikanit; gegenüber dem bisher benutzten Mikanit: mit Schellack zusammengekittetem Glimmer, zeigt Glyptalmikanit größere Durchschlagfestigkeit, Wärmebeständigkeit und vor allem

[1]) L. E. Barringer u. Ch. F. Peterson, Pat. d. Ver. St. v. Am. Nr. 1 589 094 v. 15. Juni 1926.

[2]) „General Electric Review" Bd. 29 (1926) S. 757.

gänzliche Unempfindlichkeit gegen Mineralöle. Während Schellackmikanit bei sehr hohen Temperaturen verkohlt und leitende Rückstände bildet, soll sich Glyptalmikanit nur sehr wenig verändern, und die Rückstände sollen nicht leiten. Außerdem wird seine Festigkeit, besonders gegen Verrutschen der Glimmerblättchen, hervorgehoben. Alle diese Eigenschaften machen Glyptalmikanit zu einem für den Kommutatorbau besonders geeigneten Isolierstoff, zumal es sich bei der Bearbeitung genau so verhalten s wie das bisher verwendete Schellackmikanit. Glyptal s sich vorzüglich zur Herstellung biegsamen Mikanits, v Mikanitband und dergl., eignen, da es, im Gegensatz den bekannten Öl-, Spiritus- und Asphaltlacken, die n der Zeit verhärten und brüchig werden, bei geeigne Vorbehandlung seine Schmiegsamkeit jahrelang unveränd beibehält. [N 181] Wgm

Kleine Mitteilungen

Betriebsversuche an der Hochdruckdampfanlage in Langerbrugge

Über die Hochdruckanlage des Kraftwerks Langerbrugge wurde schon früher berichtet[1]). Ergänzend sei mitgeteilt, daß in drei Babcock- & Wilcox-Kesseln je 12 000 kg/h Dampf von 56,2 at abs Betriebsdruck und 450 ° erzeugt wird. Sechs weitere Kessel mit insgesamt rd. 105 000 kg/h Dampfleistung haben 20 at abs Betriebsdruck; die Heißdampftemperatur beträgt 327 °. Der Hochdruckdampf wird in einer 1600 kW-Gegendruck-Turbodynamo, Bauart Brown, Boveri & Cie., auf etwa 20 at abs entspannt und tritt mit rd. 300 bis 320 °, also noch stark überhitzt, in die Hauptdampfleitung; diese liefert den Dampf für vier 6600 kW Kondensations-Turbodynamos.

Genaue Betriebsversuche an drei verschiedenen Tagen bei Halb- und Vollast sowie Betriebsaufzeichnungen über Leistung, Kohlenverbrauch und Heizwert während einer Woche ergaben einerseits sehr günstige Wärmeverbrauchzahlen für die gesamte Anlage und zeigten anderseits die bedeutende wärmewirtschaftliche Überlegenheit der Hochdruck- über die Mitteldruckanlage. Der thermodynamische Gesamtwirkungsgrad betrug bei Vollast 20 bis 23 vH, bei Halblast rd. 18 vH, der Wärmeverbrauch für die Hochdruckanlage 3700 bis 4000 kcal/kWh, für die Mitteldruckanlage 5600 bis 6000 kcal/kWh. Da auch die bisherigen Betriebsergebnisse in jeder Hinsicht günstig ausfielen, so hat man sich zu einer wesentlichen Erweiterung der Hochdruckanlage entschlossen. Drei neue Kessel mit je 45 000 kg/h Dampfleistung, 56,2 at abs Betriebsdruck und 450 ° Dampftemperatur sowie eine 6600 kW-Hochdruckturbine mit 20 at abs Gegendruck sollen aufgestellt werden. („The Engineer" 20. Mai 1927 S. 550) [N 523 a] Pt.

Auswalzen von 28 t-Blöcken

In den Anlagen der Lukens Steel Co., Coatesville, Pa., hat man Stahlblöcke mit 0,28 vH C im Gewicht von je rd. 28,6 t und in den Abmessungen 711 × 2591 × 2845 mm³ auf einer Blechstraße von rd. 5,5 m Ballenlänge zu 222 × 3607 × 5385 mm³ Platten ausgewalzt. Der Stahl wurde in einem 100 t-Siemens-Martin-Ofen mit basischer Zustellung erschmolzen, in besonders hergestellten Formen vergossen und vor dem Auswalzen in Wärmgruben eingesetzt. Innerhalb von 9½ min walzte man die Blöcke in 54 Stichen herunter, wobei sie nach dem letzten Stich eine Temperatur von rd. 1000 °C hatten. Aus den Platten wurden Schwungräder von 3378 mm Dmr. und 12,7 t Gewicht für Zahnradgetriebe mittels einer fahrbaren selbsttätigen Gasschneidemaschine herausgeschnitten. („The Iron Age" 12. Mai 1927 S. 1376*) [N 523 b] Gw.

Englische Turbinenlokomotive, Bauart Ljungström

Die von der englischen Firma Beyer, Peacock and Co., Ltd., erbaute Ljungström-Turbinenlokomotive hat ihre ersten Versuchsfahrten hinter sich, nachdem drei Besatzungen auf ihr ausgebildet worden sind. Ihre Handhabung ist zwar etwas abweichend von der der üblichen Bauarten, aber von geschicktem Personal rasch zu erlernen. Am meisten muß sich die Besatzung an das vollständig geschlossene Führerhaus und folglich an die sehr viel höhere Temperatur darin gewöhnen. In der Hauptsache besteht die Lokomotive aus zwei Wagen: dem Kesselwagen und dem Turbinenwagen mit Kondensator. Die Turbinenleistung beträgt 2000 PS bei 10 000 Uml./min. Die Lokomotive hat drei gekuppelte Achsen, von denen die mittlere als Treibachse ausgebildet ist. („The Engineer" 27. Mai 1927 S. 567) [N 523 c] Krs.

Turboelektrischer Antrieb für ein großes Fahrgastschiff

Die britische Peninsular & Oriental Steam Navigation Co. hat auf der Werft von Alexander Stephen & Sons, Glasgow, ein großes Fahrgastschiff für den Dienst zwischen London und Indien bestellt, das mit elektrischer Übertragung ausgerüstet werden soll. Das Schiff wird eine Größe von 19 000 B.-R.-T. haben, etwa 183 m lang sein und Einrichtungen für 400 Fahrgäste erster Klasse und 300 Fa gäste zweiter Klasse erhalten. Die Schraubenwellen Schiffes werden durch Elektromotoren angetrieben, die der Strom in Hochdruck-Turbodynamos erzeugt wird. Kesselanlage besteht aus Yarrow-Wasserrohrkesseln mit 25 at Druck. Dieses ist das erste große Fahrgastschiff einem derartigen Antrieb, und man sieht den Betriebserg nissen mit diesem Schiff in England mit großer Spannu entgegen. Bei der Wahl des Antriebes ist es von entsch dender Bedeutung gewesen, daß man das Schiff in ei Dienst einstellen will, bei dem die Vorteile elektrisch Übertragung voll ausgenutzt werden können, weil die erf derliche Maschinenleistung verhältnismäßig großen Schwa kungen unterliegt. („Shipping World" 20. April 1927 S. 4 [N 507 f] C

Motortankschiff von 17 400 t Ladefähigke

Das Motorschiff „Gulfpride", erbaut bei der Fede Shipbuilding Co., ist eines der wenigen in Amerika bauten Tankschiffe, die in den letzten Jahren in Ameri in Dienst gestellt wurden. Die Hauptzahlen betrag Länge zwischen den Loten 160 m, Breite 22,55 m; Seit höhe 12,35 m, Tiefgang 8,53 m, Tragfähigkeit 17 40 Motorenleistung 4000 PS_e, Geschwindigkeit 11 Kn. Die b den einfachwirkenden Vierzylinder-Zweitaktmotoren Bethlehem Steel Co. haben eine besondere Anordnu der Spülluftpumpen. Motoren dieser Art sind bis jetzt sel zum Schiffsantrieb verwendet worden. Für alle Zwecke elektrischer Antrieb angeordnet. Auch in dem mittschi gelegenen Pumpenraum sind Elektromotoren zum Antr der Ladepumpen aufgestellt. Durch vollständiges E kapseln und eine besondere Entlüftung ist jede Explosio gefahr vermieden. Die Anlasser und die Entlüftungsgebl befinden sich auf dem Shelterdeck. Das Schiff ist nach knieblechlosen Längsspantenbauart von Isherwood geb und zur Zeit das größte Schiff dieser Art. Die Gulf fining Co. hat dieses Motortankschiff vor kurzem in ih Küstendienst eingestellt. („Motorship", New York, Mai 1 S. 359*) [523 e] Ls

Dieselelektrisch angetriebener Bagg

Zum Baggerbetrieb im Panamakanal ist vor kurz ein außergewöhnlich großer Bagger in Auftrag gege worden, der dieselelektrisch angetrieben wird. Der Schi körper wird 69 m lang, 15,3 m breit und erhält 4,3 m Seit höhe; der zum Baggern erforderliche Strom wird von v Dieseldynamos mit je 900 PS Leistung erzeugt. Der Str wird hauptsächlich zum Antrieb einer Zentrifugalpumpe 600 mm Druckrohrdurchmesser und 650 mm Saugrohrdur messer verwendet, die 62 m³/min Baggergut bei einem s zifischen Gewicht von 1,2 des Gemisches von Wasser u Baggergut fördert.

Mit dem Saugrohr ist ein Baggern bis zu 18 m Ti möglich, in einer schwimmenden Rohrleitung wird der förderte Schlamm an Land gedrückt. Für den Schne kopf, der vor dem Saugrohr liegt, ist ein besonderer A triebmotor hoher Leistung vorgesehen, der wasserdicht e gebaut ist und auf einer am Saugende des Schiffskörp angebauten Plattform steht. Durch Ankerpfähle kann Fahrzeug während des Baggerns festgelegt werden. Größenverhältnisse des Baggers ermöglichen ein gro Arbeitsgebiet zum Baggern; die Arbeitsstrecke während ei Schwingung um einen Pfahl ist etwa 75 m lang. Ein We seln des Liegeortes ist also nur in großen Zeitabstän erforderlich. Zwei Längs- und mehrere Querschotten unt teilen den Schwimmkörper in wasserdichte Abteilungen, daß je zwei Dieseldynamos, der Pumpenmotor und Kreiselpumpe für sich in je einer untergebracht sind. Auß dem ist ein Doppelboden im Bereich der Räume für Dieseldynamos und dem Pumpenmotor vorgesehen, so d der Bagger bei Leckstößen oder Rohrbrüchen weitestgehe gesichert ist. Alle Arbeitsbewegungen des Baggers werd vom Steuerraum aus geregelt, der oberhalb des Pumpe raumes liegt; nur die Regelung der Hauptdieselmotoren davon getrennt. Die Baukosten belaufen sich auf 1 042 60 („Motorship", New York, Mai 1927 S. 385) [N 507 g] C

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 711 und 926.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Von der Reihenfertigung zur Fließarbeit, insbesondere im deutschen Automobilbau. Von Guido Prachtl. Berlin 1926, VDI-Verlag. 94 S. m. 46 Abb. Preis 3,60 ℳ.

In dem nach Umfang verhältnismäßig kleinen Buch ist ein überraschend reicher Stoff in gedrängter Form behandelt. Der Verfasser hat sich die für unsre deutschen Verhältnisse besonders dankenswerte Aufgabe gestellt, für eine größere Reihenfertigung im Kraftwagenbau zunächst die Grundzüge einer mustergültigen Organisation darzustellen und sodann hiervon ausgehend die Bedingungen zu untersuchen, unter denen die Reihenfertigung in Fließarbeit übergeführt werden kann. An der Hand anschaulicher Beispiele aus der Kraftwagenindustrie wird sachkundig besprochen, wie sich hierbei die Organisation vereinfacht, die in Arbeitsvorbereitung, Arbeitsvorgabe, Fertigungsüberwachung und Nachrechnung eingeteilt ist. Die Beispiele führen sodann zu allgemeinen Betrachtungen über die Gruppenfertigung, die eine weitere Unterteilung der Reihen und dadurch eine erhebliche Verkürzung der Laufzeit des Erzeugnisses durch den Betrieb gestattet. Gelingt es bei der Gruppenfertigung, die oft schwer vermeidlichen Wartezeiten zwischen den einzelnen Arbeitsgängen vollends auszuschalten oder die Arbeitsgänge zeitlich gleich lang zu machen, so kann Hand in Hand gearbeitet werden, und damit sind die Vorbedingungen für Fließarbeit geschaffen.

Kritisch behandelt wird ferner die Akkordbildung, der Geld- und Zeitakkord, der Kolonnen- und Parallelakkord, der sog. „Minutenwert“, der Kapitalbedarf usw., wobei überall die weitgehenden Erfahrungen des Verfassers auf dem behandelten Gebiet hervortreten. Die Schmiegsamkeit der Organisation, die sich den wechselnden Anforderungen und Erzeugungsmengen, sowie sonstigen im Betrieb auftretenden Schwierigkeiten (Nacharbeiten an Einzelstücken, Wrackstücke, sehr eilige Aufträge usw.) anpassen muß, ist, wie erforderlich, berücksichtigt. Wichtig sind die Darlegungen über die Kontrollen für den Werkstoff, die Fristen, die Löhne und die Arbeitsgenauigkeit, ferner die Ermittlung eines Richtpreises für einen bestimmten Verkaufsabschnitt, wobei den während dieser Zeit im Betrieb vorzunehmenden Verbesserungen Rechnung getragen wird.

Die klaren und daher für den Fachmann gut verständlichen Ausführungen sind durch anschauliche Abbildungen und Vordrucke noch weiter erläutert. Es wird gezeigt, wie der Weg über die Gruppenfertigung gestattet, bei wachsenden Stückzahlen schrittweise und vorsichtig zur Fließarbeit überzugehen, wobei jede Organisationsmaßnahme in dieser Richtung auf ihre Wirtschaftlichkeit hin geprüft werden kann.

Der Verfasser ist der Aufgabe, die er sich gestellt hat, meines Erachtens mit vollem Erfolg gerecht geworden. Das Buch, das aus einer großen Praxis schöpft, und dessen Ergebnisse auch auf andre Gebiete der Maschinenindustrie sinngemäß übertragbar sind, kann allen in der Fertigung Tätigen wärmstens empfohlen werden.

[E 344] Gottwein.

Die Schaltungsarten der Haus- und Hilfsturbinen. Von Herbert Melan. Berlin 1926, Julius Springer. 119 S. m. 33 Abb. Preis 12 ℳ.

Bei größeren Dampfkraftanlagen spielt die Wirtschaftlichkeit der Hilfsmaschinen eine wichtige Rolle. Für den Antrieb der Hilfsmaschinen bestehen verschiedene Möglichkeiten, nämlich: Dampfantrieb in einzelnen Gruppen, elektrischer Antrieb von der Hauptsammelschiene, elektrischer Antrieb von einer Hilfssammelschiene, gespeist durch einen Hausstromerzeuger, dessen Antrieb durch die Hauptturbine oder auch durch eine besondere Hausturbine erfolgen kann, endlich eine Vereinigung der genannten Mittel.

Der Verfasser untersucht in seiner gründlichen Arbeit diese verschiedenen Möglichkeiten unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Speisewasservorwärmung. Besonders ausführlich wird das wärmetechnische Verhalten der Hilfsturbinen bei verschiedenen Betriebsverhältnissen behandelt. Bemerkenswert sind die Ausführungen über die Arbeitsweise zweier hintereinander geschalteter Hilfsturbinen. Hier zeigt es sich, daß man vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus die Turbine mit der größeren Leistung voranstellen sollte.

In dem Abschnitt über die Schaltungsarten der Hilfsturbinen werden zunächst Betriebe mit einer Hilfsturbine betrachtet, wobei verschiedene Schaltungen untersucht werden. Um mit Rücksicht auf die anzustrebende Einfachheit der Hilfsturbine ein wirtschaftliches Arbeiten zu ermöglichen, ist es unter Umständen zweckmäßig, in der Hilfsturbine nur ein geringeres Wärmegefälle zu verarbeiten. Dies läßt sich erzielen, indem man der Hilfsturbine Dampf zuführt, der der Hauptturbine entnommen wird, oder auch, falls man die Hilfsturbine mit Frischdampf betreibt, indem man deren Abdampf in die Hauptturbine zurückleitet. Die Hilfsturbine kann auch zweckmäßig zum Vorwärmen des gesamten Speisewassers der Hauptturbine herangezogen und bei größeren Ausführungen als Anzapfturbine ausgebildet werden. Mehrere Hilfsturbinen kann man parallel oder hintereinander schalten.

Der Verfasser hebt mit Recht hervor, daß bei größeren Dampfkraftwerken der Antrieb der Hilfsmaschinen durch Dampfturbinen dem elektrischen Antrieb an Wirtschaftlichkeit nicht nachzustehen braucht, vorausgesetzt, daß die Hilfs- oder Hausturbinen richtig bemessen und angeordnet sind und die Vorwärmung des Speisewassers für die Hauptturbine zweckmäßig gelöst wird.

Das Buch ist nicht nur für den Dampfturbinenbauer, sondern darüber hinaus für jeden, der sich mit dem Entwurf und der Aufstellung von Dampfkraftanlagen zu befassen hat, wichtig und beachtenswert.

[E 199] Zerkowitz

Thermodynamika. Von M. de Haas. Groningen 1927, P. Noordhoff. 399 S. m. 117 Abb. u. 12 Tab. Preis 12,50 Gulden.

Auf Grund des ersten Hauptsatzes werden in den beiden ersten Kapiteln die Grundbegriffe und die Eigenschaften der Gase behandelt. Nach einer anschaulichen Darstellung der kinetischen Gastheorie unter Berücksichtigung der Quantentheorie wird die van der Waalssche Zustandsgleichung eingehend besprochen. Sodann werden die umkehrbaren Zustandänderungen sowie einige Anwendungen des ersten Hauptsatzes in der Thermochemie und auf ideale Kreisprozesse erwähnt.

Im 8. Kapitel wird der zweite Hauptsatz behandelt. Es werden die kennzeichnenden Funktionen für Wärmeinhalt, freie Energie und thermodynamisches Potential angeführt, die in den nachfolgenden Abschnitten zu vielen Ableitungen verwendet werden. Der Verfasser geht auch auf den Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit ein.

Vom 11. Kapitel an werden die thermodynamischen Beziehungen auf Grund beider Hauptsätze abgeleitet; wie z. B. die vier Maxwellschen Gleichungen. Besonders erwähnt sei die thermodynamische Behandlung der Kapillarität, der schwarzen Strahlung, der Biegung und Drehung eines Stabes und der Oberflächenspannung. Beim Thomson-Joule-Effekt wird die Inversionslinie sowie die Beziehung zum Joule-Effekt ausführlich besprochen. Aus der Clapeyronschen Gleichung werden Beziehungen bei Änderung des Aggregatzustandes eines Stoffes gebildet. Die Anwendung der Phasenregel von Gibbs bei Gemischen verschiedener Stoffe wird gezeigt. Bei Betrachtung chemischer Reaktionen wird das Massenwirkungsgesetz thermodynamisch abgeleitet. Das Nernstsche Wärmetheorem wird auf Grund der neuesten Literatur behandelt. Auch der Elektrochemie ist ein Kapitel gewidmet.

Das vorletzte 18. Kapitel behandelt die Dampftafeln und Dampfdiagramme. Ihre rechnerischen Grundlagen lassen sich auf Grund des Vorangegangenen in großen Zügen darstellen. Als Unterlage dienen hier vor allem die Münchener Arbeiten über den Wasserdampf. Den Schluß bilden Betrachtungen über Kreisprozesse in Verbrennungsmotoren, Dampfkolbenmaschinen, Dampfturbinen und Kühlmaschinen.

Das Buch will keine technische Thermodynamik bringen; doch sind stets die praktischen Anwendungen erwähnt. Der gegenwärtige Stand der thermodynamischen Erkenntnis ist berücksichtigt, so daß das Werk ein übersichtliches Lehrbuch der theoretischen Thermodynamik bildet.

[E 140] Cleve

Finanz- und volkswirtschaftliche Fragen, 91. Heft. **Die deutsche Elektrizitätswirtschaft.** Von Gerhard Dehne. Stuttgart 1926, Ferdinand Enke. 68 S. m. 5 Abb. Preis 4,50 ℳ.

In dem Buche wird nur die öffentliche Elektrizitätswirtschaft behandelt; die bekanntlich weit größere Energiemengen erzeugenden Eigenbetriebe bleiben unberücksichtigt. Der Titel des Buches ist daher irreführend.

Auf einige offenbare Unstimmigkeiten in den Zahlenangaben sei hingewiesen: Nach den Angaben der Schrift entfielen 1924 in ganz Rheinland und Westfalen auf einen Einwohner 334 kWh, während im Gebiet des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes 293 kWh, beim Rheinischen E.-W. im Braunkohlengebiet 235, beim Vereinigten E.-W. Westfalen 100 kWh und beim Kommunalen E.-W. Mark 238 kWh/Einwohner gerechnet wurden. Der für ganz Rheinland und Westfalen angegebene Mittelwert ist also mit 334 kWh wesentlich höher als der in den Versorgungsgebieten der fünf großen Unternehmungen nachgewiesene. Hier sind offenbar Quellen benutzt worden, die ihre Angaben nach verschiedenen Gesichtspunkten aufgestellt haben.

Rechnet man weiter die Angaben auf S. 11 über die in 18 Großkraftwerken vorhandenen Maschinenleistungen und die von ihnen 1925 abgegebenen Kilowattstunden nach, so kommt man z. B. bei den Kraftübertragungswerken Rheinfelden auf 9223 Stunden Ausnutzdauer im Jahre.

Trotz dieser Unstimmigkeiten wird das Buch infolge seiner übersichtlichen Anordnung und der ausführlichen Besprechung der hauptsächlichsten deutschen Unternehmungen für Elektrizitätsversorgung sich als recht nützlich erweisen, wenn man sich über die einschlägigen Verhältnisse, wie sie Ende 1925 herrschten, schnell unterrichten will.

[E 262] Th.

Handbuch der Büromaschinen. Herausgeg. vom Verlag der „Büroindustrie". Berlin 1926, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 416 S. m. zahlr. Abb. Preis 30 ℳ.

Das Buch enthält eine Übersicht über die wichtigsten auf dem mitteleuropäischen Markt eingeführten Bureaumaschinen und -geräte und ist als Gegenstück zu der vor einigen Jahren in Deutschland bekanntgewordenen amerikanischen Veröffentlichung „Digest of business machines" gedacht.

Es handelt sich um kein Lehrbuch, sondern um einen Katalog über das, was die deutsche Bureaumaschinenindustrie bietet, oder was an ausländischen Erzeugnissen in Deutschland zu haben ist. Sehr gefällt die Angabe von Preisen, wenngleich sie nur als unverbindlich oder als Anhaltpunkte angeführt werden. Aus der großen Anzahl der angeführten Maschinen seien erwähnt: Adressiermaschinen, Personal-Kontrollapparate, Diktiermaschinen, Frankiermaschinen, Rechenmaschinen, Schreibmaschinen, statistische Maschinen, Zeit- und Datumstempel. [E 304] Fr.

Railway Fuel. Von Eugene M c A u l i f f e. New York und London 1927, Simmons-Boardman Publishing Co. 468 S. m. 86 Abb. Preis 5 $.

Der Verfasser behandelt in gedrängter Form die Brennstoffe auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens, nämlich Kohle und Öl, und zwar in einer Weise, die dem Verständnis und dem Bedürfnis des Eisenbahners entgegenkommt. Eine Bereicherung der ohnehin schon überreichlichen Literatur über Kohle und Kohlenbergbau will er ausdrücklich vermeiden. Das Buch geht im wesentlichen auf die Analyse, Gewinnung, Zubereitung und Verwendung der beiden Brennstoffe ein. Dabei werden wirtschaftliche Gesichtspunkte nur gestreift und die Verbrennungsvorrichtungen in den Lokomotiven kurz geschildert. Krs.

Elemente des Werkzeugmaschinenbaues. Von Max C o e n e n. Berlin 1927, Julius Springer. 146 S. m. 297 Abb. Preis 10 ℳ.

Die elektrischen Einrichtungen für den Eigenbedarf großer Kraftwerke. Von Friedrich T i t z e. Berlin 1927, Julius Springer. 160 S. m. 89 Abb. Preis 12 ℳ.

Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Herausgeg. von F. B a n n e i t z. Berlin 1927, Julius Springer. 1253 S. m. 1190 Abb. Preis 64,50 ℳ.

Das elektromagnetische Feld. Von Emil C o h n. 2. völl neubearb. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 366 S. 41 Abb. Preis 24 ℳ.

Funkschaltungen. Von Karl M ü h l b r e t t. Berlin 192 Julius Springer. 97 S. m. 198 Abb. Preis 4,20 ℳ.

Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsam XII. Bd. Berlin 1927. 286 S. m. Abb. Preis 12 ℳ.

Luegers Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilf wissenschaften. 3. vollst. neu bearb. Aufl. Herausge von E. F r e y. 3. Bd.: Element bis Hebel. Berlin u Leipzig 1927, Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart. 843 m. zahlr. Abb. Preis 45 ℳ.

Lehrbuch der Buchdruckerkunst. Von August M ü l l e 11. Aufl. 1. T. Leipzig 1927, J. J. Weber. 329 S. 151 Abb. Preis 6,50 ℳ.

Handbuch der Altertumswissenschaft. 5. Bd. 1. Abt. 2. Hälft **Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften i Altertum.** Von I. L. H e i b e r g. München 1925, C. Becksche Verlagsbuchhandlung. 121 S. m. 9 Abb. Pre 10 ℳ.

Pittler. Werkzeugmaschinenfabrik A.-G., Leipzig-Wahre **Betriebshandbuch** für die Original-Pittler-Revolver-Dre bänke. Nr. 27 BH. 335 S. m. zahlr. Abb. Preis 7,50 ℳ

DIN-Normblatt-Verzeichnis Stand der Normung Frühja 1927. Berlin 1927, Beuth-Verlag G. m. b. H. 203 Preis 2 ℳ.

Oesterreichische Normen für Portland-Zement. Charlotte burg 1926, Zement-Verlag. 12 S. Preis 1,20 ℳ.

Amerikanische Normen für Portland-Zement. Charlotte burg 1926, Zement-Verlag. 12 S. Preis 1,20 ℳ.

31 logarithmische Maßstäbe mit einer Harfe zur Selbs anfertigung von Nomogrammen. Bearb. von P. L e y b o l d. Geislingen-Steig (Württbg.), Selbstverlag. Pre 9 ℳ.

Veröffentlichungen der Gesellschaft für die Geschichte u Bibliographie des Brauwesens: **Bier und Bierbereitung b den Völkern der Urzeit.** I. Babylonien und Aegypte Berlin 1926, Institut für Gärungsgewerbe. 60 S. m. zah Abb. Preis 5 ℳ.

Leipziger Verkehr und Verkehrspolitik, Nr. 4: **Autofer straße Berlin–Leipzig–München–Rom.** Bericht der Aut fernstraßen-Tagung am 11. Januar 1927 zu Leipzig. Lei zig 1927, Bormann & Co. 57 S. Preis 1 ℳ.

Achema-Jahrbuch, Jg. 1926/27. Bericht über den Stand u Entwicklung des chemischen Apparatewesens. Herausge von Max B u c h n e r. Berlin 1927, Verlag Chemie. 319 m. versch. Abb. Preis 10 ℳ.

Industrielle Unfallverhütung auf der Grundlage der wisse schaftlichen Betriebsführung. Von Hans A. M a r t e n Berlin 1927, Reimar Hobbing. 96 S. m. 12 Abb. Pre 2,50 ℳ.

Handbuch für das Hochschulstudium in Deutschland. **D Studium des Hüttenwesens in Deutschland.** Von Ha M a t h e s i u s. Charlottenburg 1927, „Hochschule u Ausland". 15 S. Preis 0,50 ℳ.

Mechanik für technische und gewerbliche Lehranstalten Bearb. von P. M e n e r t. 5. Aufl. Leipzig und Wien 1927 Franz Deuticke. 205 S. m. zahlr. Abb. Preis 3 ℳ.

Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 2. S.-H. 1927: **Die In dustriekonjunktur — ein Rechenfehler!** Von F. S c h m i d t Berlin u. Wien 1927, Spaeth & Linde. 95 S. Preis 3 ℳ

Wege zur Rationalisierung. S. A. a.: Frankfurter Zeitung Frankfurt a. M. 1927. 92 S. Preis 1,50 ℳ.

Ölpolitik und angelsächsischer Imperialismus. Von Ka H o f f m a n n. Berlin 1927, Ring-Verlag. 448 S. Prei 24 ℳ.

Schluß des Textteiles

I N H A L T :

Für die Schriftleitung verantw.: C. M a t s c h o ß , in Vertr. K. M e y e r , Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
BD. 71 SONNABEND, 18. JUNI 1927 NR. 25

Die Diesel-Getriebelokomotive und ihre Erprobung

Von Dipl.-Ing. N. Dobrowolski, Moskau (aus dem Russischen übersetzt von Dr.-Ing. E. Mrongovius, Berlin)

Der Aufbau der Lokomotive: Dieselmotor, Kühlung, Schmierung, Hauptkupplung, Zahnradübertragung — Erprobung auf dem Prüfstand in Düsseldorf: Aufgaben und Programm der Versuche, Versuchsergebnisse — Versuchsfahrten auf den Strecken der deutschen Reichsbahn: Zweck, Organisation und Plan, die Versuchsfahrten selbst und ihre Ergebnisse — Folgerungen

Diesel-Getriebelokomotive von 1100 PS_e, erbaut von der Firma Hohenzollern, A.-G., Düsseldorf, für Rußland.

Beschreibung

Die von der Firma Hohenzollern, A.-G., Düsseldorf, erbaute Diesellokomotive hat die Achsfolge 2 E 1, Abb. 1. Der Innenrahmen ist ein Plattenrahmen, die Einzelheiten wie Achsen, Räder, Lager, Federn, Kuppelstangen usw. gleichen denen der Dampflokomotive mit der Achsfolge E. Die Hauptabmessungen, Gewichte und sonstigen Konstruktionszahlen sind in der folgenden Übersicht zusammengefaßt[1]).

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 476.

Gesamtdienstgewicht	131 t
Reibungsgewicht	88 „
Gewicht des Fahrgestells	27 „
„ „ Drehgestells	16 „
Brennstoffvorrat	3,5 „
Schmierölvorrat	1 „
Wasservorrat	1 „
Durchmesser der Treibräder	1320 mm
Höchstgeschwindigkeit	50 km/h
Höchstzugkraft	17,6 t
Zyl.-Dmr.	450 mm
Kolbenhub	420 „
Zylinderzahl	6
Höchste Drehzahl	400 Uml./min
Höchste Leistung am Radumfang	1100 PS_e
Liefermenge der Wasserpumpe	48 m^3/h
„ „ Oelpumpe	24 „
Kühlfläche des Wasserkühlers	530 m^2
„ „ Oelkühlers	200 „
Drehzahl des Lüfters	1200 Uml./min
Liefermenge des Lüfters	130 000 m^3/h
Höchste Leistung des Hilfsdieselmotors	60 PS_e
Leistung des Stromerzeugers	6 kW
Spannung der Sammlerbatterie	110 V
Belastungsfähigkeit der Batterie bei 3 h Entladung	80 Ah
Erforderliche Leistung des Verdichters bei 80 at Druck	9 PS_e

Abb. 1. Schema der Diesel-Getriebelokomotive

a Motor *b* Hauptkupplung *c* Getriebe *d* Wasserkühler *e* Ölkühler *f* Hilfsmotor *g* Lüfter

Abb. 2 Kühlerelement für die Diesellokomotive nach Abb. 1

Dieselmotor

Der Dieselmotor arbeitet im Viertakt, hat sechs Zylinder und ist umsteuerbar. Die Höchstleistung beträgt bei 400 Uml./min 1100 PS_e, die Normalleistung, d. h. die Dauerleistung, beträgt 800 PS_e bei 300 Uml./min. Zur Aufspeicherung der Druckluft dienen besondere Anlaß- und Einblasflaschen. Der Druck hinter der vierten Verdichterstufe beträgt bis etwa 90 at.

Kühlung

Zur Kühlung der Zylinder des Motors und des Verdichters sowie der Luft zwischen den einzelnen Verdichterstufen ist eine Wasserpumpe vorgesehen, die mittels Schraubenräder von der Hauptwelle angetrieben wird. Diese Pumpe fördert 48 m³/h bei 400 Uml./min des Motors.

Der Kühler besteht aus Rippenrohren. Ein einzelnes Element ist in Abb. 2 gezeigt. Die Gesamtkühlfläche des Kühlers einschließlich der Rippenfläche beträgt 530 m². Die Wärmeübertragungszahl der Kühloberfläche ist auf Grund von ausführlichen Versuchen zu $k = 50$ kcal/hm² °C festgestellt worden. Dieser Wert wird leider infolge der gewellten Form der Rippen, die leicht eine gewisse Verschmutzung des Kühlers verursacht, oft herabgesetzt.

Zur Verstärkung der Kühlerwirkung ist ein Lüfter g, Bauart Betz, vergl. Abb. 1, vorgesehen. Er besteht aus Leichtmetall, hat 8 Flügel und liefert bei 1200 U min etwa 130 000 m³/h und erfordert hierzu etwa 6 Leistung. Die Luft wird von außen eingesaugt, durch Kühler geleitet und nach oben abgeführt. Die Ölkü sind vor den Wasserkühlern so angeordnet, daß sie kälteste Luft erhalten. Die vorderen Wasserkühler den von der bereits etwas angewärmten Luft bestric Die Seitenwasserkühler werden unmittelbar von Außenluft bestrichen. Die Seitenkühler können durch sondere Türen zugedeckt werden, wodurch natürlich von dem Lüfter geförderte Luftmenge verändert w Abb. 3 gibt die Abhängigkeit zwischen der Umlauf des Lüfters und der stündlich gelieferten Luftmenge

In Abb. 3 bedeutet die Linie b die stündliche L menge bei geschlossenen Seitenkühlern, d. h. die L menge, die lediglich durch die vorderen Kühlerelem hindurchgeht. Die Linie b' zeigt die durch die vord Kühlerelemente durchgesaugte Luft, jedoch bei offe Seitenkühlern. Diese Linie liegt etwas unter b, da geöffneten Seitenkühlern der Luftstrom durch die deren Kühler etwas verringert wird. Die Linie a z die Gesamtliefermenge bei geöffneten Seitenkühlern die Linie c die lediglich durch die Seitenkühler förderte Luft.

Tausend m³/h, gelieferte Luftmenge; Umlaufzahl; a, b, b', c; RZ2336Z3

Abb. 3 Abhängigkeit der vom Lüfter gelieferten Luftmengen von der Umlaufzahl des Lüfters

- a Gesamte Luftmenge
- b Luftmenge durch vordere Kühlerelemente bei geschlossenen Seitenkühlern
- b' Luftmenge durch vordere Kühlerelemente bei geöffneten Seitenkühlern
- c Luftmenge durch Seitenkühler

Abb. 4 Elektromagnetische Hauptkupplung

- a Zwischenwelle
- b Lager
- c Magnetkörper
- d Spule
- e Kontaktringe
- f Schwungteil
- g Kühlluftkanal
- h Wellenzapfen
- i Scheibe
- k Federkupplung
- l obere Längswelle
- n Ankerscheibe
- o Zapfen zwischen n un
- p Reibungsbelag
- q Kegelrad
- r, s Zwischenwellen
- t Blindwelle

Der Dieselmotor hat ungekühlte Auspuffventile. H durch ist die Bauart dieser Ventile vereinfacht, ebe wie das Schema der Kühlwasser-Rohrleitung. Nachte ist aber, daß diese Auspuffventile weniger zuverlä arbeiten.

Schmierung

Die Kolben werden mit Öl gekühlt.

Der Ölkühler hat 200 m² Gesamtkühlfläche; er bes aus sechs Lamellenkühlern, die vor den Wasserkühl angeordnet sind, vergl. Abb. 1. Die Ölkühler sind in z Gruppen zu je drei Stück verteilt, die hintereinander schaltet sind. Ursprünglich waren alle Kühlereleme parallel geschaltet. Die Erfahrung zeigte jedoch, daß Kühlung nicht ausreichte, und daß die Hintereinan schaltung dreier Elemente die Wirkung des Kühlers die Wärmeübergangzahl (bis 35 kcal/hm² °C) erhöht.

Eine besondere elektrisch betriebene Ölpumpe d zum Kühlen der Kolben nach Stillsetzung des Die motors, vergl. Abb. 1. Die Aufstellung einer solc Pumpe ist aus folgendem Grunde erforderlich: das K öl führt von den heißen Flächen des Kolbenbodens Wärme ab. Setzt man den Dieselmotor, insbeson nach starker Belastung, still und unterbricht die Ölk lung, so steigt die Temperatur des Kolbenbodens

aßen, daß das an dem Kolbenboden haftende Kühlöl ver-
ırzt und verkohlt, und der Kolbenboden stark ver-
hmutzt wird. Bei Wiederholung dieser Erscheinung,
as im Lokomotivdienst unvermeidlich ist, bildet sich
ıf dem Kolbenboden eine beträchtliche Rußschicht, die
'e Wärmeübertragung von dem Kolbenboden zum Kühlöl
ark verschlechtert. So steigt schließlich die Durch-
hnittstemperatur des Kolbenbodens und der Kolbenwan-
ıngen so hoch, daß die Gefahr der Bildung von Rissen
ıtsteht. Um dies zu verhüten, ist es erforderlich, das
urchfließen des Kühlöls durch die Kolben erst dann zu
ıterbrechen, wenn seine Temperatur genügend gesunken
t. Nach dem Stillsetzen des Dieselmotors treibt der
ektromotor, von einer Akkumulatorenbatterie aus ge-
eist, die Ölpumpe und leitet das Öl durch die Kolben im
erlaufe von etwa 10 bis 15 min, was genügt, um die
'emperatur der Kolbenwandungen auf die Temperatur
s Kühlöls herabzusetzen.

Hauptkupplung

Die Hauptkupplung, Abb. 1 und Abb. 4, besteht aus
m Magnetkörper *c*, der auf die Zwischenwelle *a* unter
0 t Druck aufgepreßt ist. In dem Ringraum *d* ist die
ule untergebracht, der der Strom durch die Kontakt-
nge *e* zugeführt wird. Der Schwungteil *f* ist an dem
agnet *c* festgeschraubt, wobei Kanäle *g* zum Durch-
römen von Kühlluft vorgesehen sind. Eine Scheibe *i* ist
f dem Zapfen *h* der Welle *a* frei beweglich; sie ist
ttels eines Flansches mit der Federkupplung ver-
hraubt, die bereits auf der oberen Längswelle *l* der
ahnradübertragung sitzt.

Die Längsbeweglichkeit der Ankerscheibe *n* auf der
heibe *i* beträgt etwa 1 mm. Die Ankerscheibe *n* ist mit-
ls der Zapfen *o* mit der Scheibe *i* verbunden. Außer-
m sind auf der Scheibe *n* Reibungsbeläge *p* aufgesetzt,
e ein Gleiten der Kupplung zulassen, ohne zu ver-
ennen.

Die Kupplung wirkt in folgender Weise: Die Zwi-
shenwelle *a* dreht sich mit der Hauptmotorwelle, während
e Welle *l* der Zahnradübertragung stillsteht. Bei Zu-
tung von elektrischem Strom in die Spule *d* entsteht ein
ektromagnetisches Feld, das die Ankerscheibe *n* anzieht.
folge der Reibung der Beläge *p* wird die Scheibe *n* all-
ählich von dem Schwungteil mitgenommen und dreht
ch mit ihm. Das Drehmoment wird mittels der Zapfen *o*
die Scheibe *i* weitergeleitet und von dieser zur Feder-
pplung *k* und der oberen Übertragungswelle *l*. In den
romkreis der Spule *d* ist ein Regelwiderstand einge-
haltet, durch dessen Einstellung man den Grad des
drückens der Reibungsplatten *p* beliebig bemessen
nn. Ein sanftes, stoßfreies Einschalten der Haupt-
pplung und ein sanftes Anfahren des Zuges wird hier-
rch erreicht. Die Spule ist für 10 A Höchststromstärke
i 110 V Spannung vorgesehen.

Zahnrad-Übertragung

Die Welle *l* läuft in zwei Lagern; sie trägt am
de ein kegeliges Zahnrad *q*, Abb. 4, das aus zwei ein-
lnen Zahnkränzen besteht. *q* steht im Eingriff mit
em gleichen Zahnrad, das auf der oberen Querwelle *r*
afgekeilt ist. Diese Zahnräder bestehen aus hochwer-
em Nickelstahl. Trotz ihrer geringen Abmessungen
issen sie, insbesondere beim Anfahren des Zuges, be-
ächtliche Drehmomente übertragen.

Außer dem kegeligen Rad sind auf der Welle *r* drei
rnräder vorgesehen, entsprechend den drei Geschwin-
gkeitstufen der Lokomotive. Diese Stirnräder über-
agen das Drehmoment zur Welle *s*, auf der ebenso drei
rnräder vorgesehen sind, sowie ein weiteres Stirnrad,
s die Drehbewegung der Blindwelle *t* zuführt; von
ser wird die Leistung mittels Kuppelstange auf die
eibachsen der Lokomotive übertragen. Abb. 5 zeigt
n Getriebekasten.

Die S t i r n r ä d e r sind aus Manganstahl angefertigt,
e Zähne zementiert. Sämtliche Räder stehen in dau-
ndem Eingriff. Die einzelnen Stufen werden durch
ektromagnetische Kupplungen geschaltet.

Abb. 5
Getriebekasten

Das Verhältnis der Umlaufzahlen der Hauptwelle zu den Umlaufzahlen der Blindwelle oder der Treibräder der Lokomotive beträgt

für die 1. Stufe . . 6,923 : 1,
„ „ 2. „ . . 3,966 : 1,
„ „ 3. „ . . 2,053 : 1.

Abb. 6 zeigt die einzelnen Zahnräder mit den elektromagnetischen Kupplungen. Die Wellen sind in kräftigen Lagern des Gehäuses des Zahnradgetriebes gelagert. Das Gehäuse selbst ist aus Gußstahl hergestellt. Die Lager und die Zahnräder werden mittels Drucköls geschmiert, das von einer durch das obere Zahnrad der 3. Stufe angetriebenen Zahnradpumpe geliefert wird (vergl. Abb. 1). Somit werden Lager und Zahnrad stets dann geschmiert, wenn die Welle *r*, Abb. 4, sich dreht. Infolgedessen ist es erforderlich, während der Fahrt stets irgendeine Stufe eingeschaltet zu halten, damit bei Stillstand sämtlicher Stufen sowie der Hauptkupplung die Welle *r* nicht zum Stillstand kommt und die Schmierung unterbricht.

Nach längerem Stillstand der Lokomotive müssen die Lager und die Zahnräder vor dem Inbetriebsetzen ge-

Abb. 6
Zahnradgetriebe mit elektromagnetischen Kupplungen

schmiert werden. Hierzu wird die Hauptkupplung bei ausgeschalteten Stufen eingeschaltet, d. h. die Welle r wird nebst der Ölpumpe für das Zahnradgetriebe in Gang gesetzt.

Das Schmieröl des Zahnradgetriebes wird in einem besonderen Lamellenkühler gekühlt, der neben dem Kühler e, Abb. 1, angeordnet ist. Der untere Teil des Getriebegehäuses dient als Sammelbehälter für das Schmieröl.

Die Stufenkupplungen sind in Abb. 7 dargestellt. Der Magnetkörper c ist auf der Welle fest aufgekeilt. In dem Ringraum b ist die Spule untergebracht. Der Strom wird durch die Kontaktringe a und Bürsten zugeführt. Der Teil h ist mit der Nabe des entsprechenden Zahnrades fest verschraubt; beide laufen frei auf der Welle. Der Magnet c wird mit dem Teil h durch die Scheiben f und f_1 gekuppelt. Die Scheiben f sind mit dem Teile c verbunden, die Scheiben f_1 hingegen, die mit Reibplatten ausgerüstet sind, mit dem Teil h.

Die Ankerscheibe e wird nun von dem Elektromagneten c angezogen, bewegt sich auf der Bronzebüchse i axial und drückt die Reibscheiben f und f_1 aneinander. Die Längsverschiebung der Ankerscheibe beträgt etwa 8 mm, der geringste Abstand der Scheibe vom Anker etwa

RZ2336Z7

Abb. 7
Elektromagnetische Stufenkupplung

a Kontaktringe	e Ankerscheibe	i Büchse
b Magnetspule	f, f_1 Reibscheiben	k Bolzen
c Magnetkörper	g Büchse	l Feder
d Welle	h äußere Hülse	m, n Ringe

2 mm, infolgedessen beträgt das Spiel zwischen den Scheiben in ausgeschaltetem Zustand insgesamt etwa 6 mm. Bei ausgeschalteter Kupplung werden die Reibplatten durch Zurückziehen der Ankerscheibe mit Hilfe der Federn l gelöst. Im ganzen sind vier Federn vorgesehen, deren Gesamtzugkraft 680 kg beträgt.

Durch Abnutzung erhöht sich mit der Zeit der Weg der Längsverschiebung der Reibscheiben, und der Luftspalt zwischen dem Magnetkörper und der Ankerscheibe wird kleiner. Dieser Abstand darf bei richtigem Arbeiten der Kupplung nicht weniger als 1 mm betragen. Bei Abnutzung der Reibscheiben müssen sie nach rechts verschoben werden, was durch Einlagen zwischen den Ringen m und n erzielt wird.

Die Wirkungsweise der Stufenkupplung ist die gleiche wie die der Hauptkupplung. Der Unterschied ist lediglich der, daß die Stufenscheiben ohne vorhergehende Reibung eingeschaltet werden, d. h. sogleich eingreifen. Eine Reibung kann bei dieser Bauart nicht zugelassen werden, da infolge der fehlenden Kühlung ein Gleiten in kurzer Zeit zur Verbrennung der Scheiben führen könnte.

Die Zahnradübertragung ist entworfen und herges von der Firma Fried. Krupp A.-G., Essen. Sämtliche e tromagnetischen Kupplungen sind von der Firma Mag Werk, G. m. b. H., Eisenach, entworfen und geliefer

Außer den beschriebenen Hauptelementen sind auf Lokomotive Hilfseinrichtungen (Hilfsdieselmotor, St erzeuger, Lüfter usw.) vorgesehen, die für den Betrieb Dieselmotors, der elektromagnetischen Kupplungen und Beleuchtungsanlage der Lokomotive erforderlich sind.

Erprobung der Diesellokomotive auf der Prüfstand in Düsseldorf

Die Aufgaben und das Programm der Versuche

Das Ziel der Prüfstandversuche war, die Arbeit Einzelteile der Lokomotive zu prüfen, die Zugkraftk linie und die Wirtschaftlichkeit festzustellen. Hi mußten vor allem diejenigen unabhängigen Veränderli festgestellt werden, auf die unsere Messungen bezogen den müssen. Für die Diesellokomotive wie auch für Lokomotive ist eine der grundlegenden Veränderli die Geschwindigkeit.

In unserem Falle kann die Geschwindigkeit (kı durch die Umlaufzahl des Dieselmotors ausgedrückt den, und zwar ist

$$V = \frac{D\,\pi\,n\,60}{1000}\,\nu.$$

Hierin bedeutet:

D Durchmesser der Treibräder = 1320 mm,
n die Drehzahl des Dieselmotors in Uml./min,
ν die Übertragungzahl von der Dieselmotorwelle Blindwelle.

Somit kann die Beziehung zwischen ν und n ausgedr werden durch die Gleichung $V = k\,n$, worin $k = 0,$ 0,0628, 0,1212 entsprechend der 1., 2. und 3. Geschwin keitstufe ist.

Die zweite unabhängige Veränderliche muß eine G sein, die den Belastungsgrad des Dieselmotors kennz net. Für diese Größe kann der Wert des mittleren zierten Druckes angenommen werden. Da die unmittel Messung dieses Druckes jedoch auf Schwierigkeiten und es auch unmöglich ist, während der ganzen suchsdauer diesen Wert in einer bestimmten Größe g zu halten, so nahmen wir als zweite unabhängige änderliche die Füllung des Dieselmotors an. Der Be „Füllung" ist nicht in dem Sinne zu verstehen, wie einer Dampfmaschine. Bei dem Dieselmotor verstehen unter der Füllung eine gewisse Einstellung der Brenns pumpe. Sie kann während der ganzen Versuchsdauer für eine Reihe von Versuchen gleich gehalten we Eine Einstellskala an der Brennstoffpumpe zeigt demge Teilungen von 0 bis 7. Die Teilung 1 entspricht Leerlauf des Dieselmotors, die Teilung 7 der Überlas des Motors. Beim Versuch wurden die Teilungen 2 erprobt.

Die Füllung für jeden Zylinder beträgt bei

Teilung	2	0,80 g
„	3	1,23 „
„	4	1,72 „
„	5	2,17 „
„	6	2,71 „ .

Diese Einteilung ist natürlich ganz willkürlich und bei einem andern Motor andre Werte ergeben. Im L des Betriebes werden diese Werte auch von selbst d die Abnutzung der Triebwerke Veränderungen u worfen sein.

Anderseits ergibt die Einstellung der Brennstoffpu auf eine bestimmte Füllung bei mittleren Arbeitsver nissen des Dieselmotors einen entsprechenden indizie Druck. Man kann daher von diesen Füllungen auf indizierten Drücke zurückschließen. Hierdurch ergibt die Möglichkeit, die Ergebnisse unserer Versuche denen andrer Versuche zu vergleichen. In der Folge den wir solche Vergleiche durchführen. Für unsere suche haben wir folgende unabhängige Veränderliche genommen:

. Umlaufzahl des Dieselmotors n Uml./min, Fahrtgehwindigkeit der Diesellokomotive V km/h, Füllung des ieselmotors ε.

Somit ergibt sich die unmittelbare Aufgabe der Ver-.che in der Feststellung der Beziehungen

$$Z = f(V, \varepsilon, \nu) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

orin Z der Wert der Zugkraft am Umfang der Treib-der ist, und

$$\eta = \varphi(V, \varepsilon, \nu) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2),$$

orin η der Wirkungsgrad der Diesellokomotive ist.

Wie bekannt, ist

$$\eta = \frac{632}{H_u \, B/N},$$

orin 632 kcal den Wärmewert einer PS h und H_u den nteren Heizwert des Brennstoffes bedeutet, in unserem all etwa 10 300 kcal/kg, und B/N der Brennstoffverauch für 1 PS h ist. Der Wert N wird bestimmt auf und der Beziehung[2])

$$N = \frac{Z\,V}{270}.$$

er Wert B muß durch den Versuch festgestellt werden. u den Beziehungen (1) und (2) kommt noch folgende undbeziehung hinzu:

$$B = \psi(n, \varepsilon) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3),$$

e im Unterschied zu den Gleichungen (1) und (2) nicht n der Übertragungszahl abhängig ist, da die Arbeit des ieselmotors bei gegebenen Drehzahlen und Füllungen cht von den Schaltstufen der Zahnradübertragung abngt.

Ferner ist

$$B = B_D = B_H,$$

orin B_D der stündliche Brennstoffverbrauch des Dieseltors und B_H der stündliche Verbrauch des Hilfsdieseltors ist. Um also die den Versuchen zugrunde liegenn Aufgaben zu lösen, müssen wir während der Verchsfahrten folgendes feststellen:

1. Umlaufzahl des Dieselmotors,
2. Fahrtgeschwindigkeit der Diesellokomotive,
3. Zugkraft der Lokomotive,
4. Brennstoffverbrauch des Hauptmotors,
5. Brennstoffverbrauch des Hilfsmotors,
6. Temperatur des Kühlwassers und des Kühlöls vor und hinter den Kühlern,
7. Wasser- und Ölmengen, die durch den Kühler hindurchgeleitet werden,
8. Indikatordiagramme.

Die Werte der Zugkraft und der Geschwindigkeit nnen mit einer Meßdose und einem Tachometer in jedem ugenblick abgelesen werden. Die Messungen des Brennsffverbrauchs sowie die Temperaturmessungen am Kühler eordern längere Versuchsfahrten zur Einstellung von eichbleibenden Werten für n und ε.

Der Brennstoffverbrauch wird mittels besonderer Meßhälter durch Ablesungen vor und nach der Versuchsfrt gemessen. Damit die unvermeidlichen Ablesungsfler das Endergebnis nicht zu sehr beeinflussen, ist erfderlich, daß der Gesamtverbrauch nicht unter einem gwissen Wert liegt. Wir nahmen als Mindestwert den ennstoffverbrauch für eine Fahrt mit 80 l an. Dann nn der Ablesefehler im ungünstigsten Falle nicht mehr a 5 vH betragen. Ebenso muß der Kühler nach Erreichung s Beharrungszustandes untersucht werden, d. h. nach istellung von gleichbleibenden Temperaturen. Dies bedingt auch eine gewisse Dauer der Versuchsfahrt, während d sämtliche Temperaturen den Beharrungszustand erchen und beibehalten, der den gegebenen Arbeitsverltnissen der Lokomotive entspricht.

Zur Feststellung der Beziehung (3) müssen die hier s zu bezeichnenden Versuche der ersten Reihe durchführt werden, bei denen die Werte n und ε während der nzen Versuchsdauer gleich bleiben. Solche Versuchsrten wurden für sämtliche Werte für n und ε für die l Geschwindigkeitstufe in Aussicht genommen.

[2]) Vergl. Igel, Handbuch des Dampflokomotivbaues, S. 62.

Abb. 8 Beziehung zwischen der Fahrtgeschwindigkeit und der Zugkraft der Lokomotive bei verschiedenen Füllungen und Einschaltung der Geschwindigkeitstufen 1 bis 3 (Prüfstandergebnisse)

Die Zahlen an den Schaulinien geben die Füllung an.

Da die Beziehung (3) ihre Bedeutung auch für andre Geschwindigkeiten beibehält, so konnte zur Feststellung der Beziehung (1) für die 2. und 3. Geschwindigkeitstufe folgendes Verfahren angewandt werden:

Der Dieselmotor läuft während der ganzen Versuchsdauer mit gleichbleibender Drehzahl, während die Füllung von 2 bis 6 verändert wird. Nach Einstellung jeder Füllung und nach Erreichen des entsprechenden Beharrungszustandes der Geschwindigkeit wurde die Zugkraft zweimal abgelesen.

Somit erhalten wir im Verlauf einer Versuchsfahrt sämtliche Werte für Z, die den gegebenen Werten von ν und n und verschiedenen Werten von V entsprechen.

Solche Versuche bezeichnen wir als Versuchsfahrten der vierten Reihe. Mittels der Versuche der vierten Reihe konnten wir unter großer Zeit- und Kostenersparnis die Beziehung (1) für die 2. und 3. Geschwindigkeitstufe feststellen. Da die Füllung 5 von ganz besonderer Bedeutung ist, so haben wir die auf diese Weise erzielten Werte durch einige Versuchsfahrten der ersten Reihe nachgeprüft.

Nach Festlegung dieses Planes wurden die Versuche im Verlaufe der Monate Februar und März vorgenommen, wobei im ganzen 80 Versuchsfahrten durchgeführt wurden.

Versuchsergebnisse

Die auf Grund unserer Prüfstandversuche erzielten Beziehungen sind in den Schaulinien von Abb. 8 und 9 für folgende Beziehungen eingetragen:

$$Z = f(V, \varepsilon, \nu) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

$$B_D = \psi(V, \varepsilon) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

Abb. 9 Beziehung zwischen Brennstoffverbrauch B_D und der Umlaufzahl n des Hauptmotors bei verschiedenen Füllungen 2 bis 6

Abb. 10
Beziehung zwischen der Fahrtgeschwindigkeit der Lokomotive und dem Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Füllungen 2 bis 6 und den verschiedenen Geschwindigkeitstufen

Abb. 11
(links)
Höchste Zugkräfte bei der Füllung 6 in den drei Geschwindigkeitstufen in Abhängigkeit von der Fahrtgeschwindigkeit

Abb. 12
(rechts)
Leistungskennlinie der Diesellokomotive

Um auf Grund der Beziehung (1) und (4) die Beziehung (2) aufzubauen, muß man den Brennstoffverbrauch des Hilfsdieselmotors berücksichtigen.

Während der Brennstoffverbrauch des Hauptmotors völlig durch die Werte von n und ε bedingt wird, hängt der Brennstoffverbrauch des Hilfsdieselmotors von Zufälligkeiten ab, insbesondere von der Außenlufttemperatur, da der Hilfsdieselmotor hauptsächlich zum Antrieb des Kühlerlüfters dient. Für unsere Berechnungen nahmen wir Sommerverhältnisse an und machten die weitere Annahme, daß der Hilfsmotor während der gesamten Versuchsdauer mit seiner vollen Drehzahl arbeitet und 10 kg Brennstoff in 1 h verbraucht. Dies wurde auf Grund besonderer Versuche festgestellt. Somit erhalten wir

$$B = B_D + 10 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5).$$

Auf Grund dieser Beziehung ist dann die Beziehung (2) aufgebaut worden, die in Abb. 10 eingetragen ist.

Wir sehen aus Abb. 8, daß die Zugkraft unserer Lokomotive bei Füllung 6 mit der 1. Geschwindigkeitstufe den Wert von beinahe 20 t erreichte. Der Wirkungsgrad der Lokomotive erreichte seine Höchstwerte bei den größten Füllungen, was einen großen praktischen Vorteil dieser Lokomotiven bedeutet, indem die Lokomotive ohne eine Verschlechterung des Wirkungsgrades überlastet werden kann. Beim Vergleich der Abb. 8 und 10 sehen wir, d die höchsten Zugkraftwerte nicht immer dem höchs Wirkungsgrad entsprechen.

In Abb. 11 stellen die ausgezogenen Linien die hö sten Zugkräfte dar, die der Füllung 6 entsprechen. W sehen, daß man mit der 1. Geschwindigkeitstufe 14 km/h, der 2. Geschwindigkeitstufe 24 km/h erreicht. Zeich man die Zugkraftlinie, die dem höchsten Wirkungsg entspricht (gestrichelt in Abb. 11), so sieht man, daß m mit der 1. Geschwindigkeitstufe nur bis 12 km/h, der 2. Geschwindigkeitstufe nur bis 19 km/h gehen da wonach man auf die 3. Stufe umschalten muß.

Aus Abb. 10 sieht man, daß bei einem Wert von ü 12 km/h in der 1. Geschwindigkeitstufe (bei Füllung eine Höchstzugkraft einem geringeren Wirkungsgrad e spricht, während die 2. Geschwindigkeitstufe einen hö ren Wirkungsgrad in den Grenzen 12 bis 19 km/h a weist. Darüber hinaus ist die 3. Geschwindigkeitst am vorteilhaftesten. In Abb. 11 sind die Geschwindigke grenzen, die den höchsten Wirkungsgraden entsprech durch gestrichelte Linien angedeutet.

Die Zugkraft der Dieselgetriebelokomotive hat den V lauf *abcdefgh*, da die Zugkraft bei einem Üb gang von einer Geschwindigkeitstufe zur andern un dingt durch den Nullwert gehen muß.

Durch unrichtige Darstellung des Zugkraftverla kommt der grundlegende organische und zunächst unv meidliche Mangel der Getriebelokomotive nicht zum A druck, dieses unbedingte und unvermeidliche Durchgeh der Zugkraftwerte durch den Nullwert bei dem Üb gang aus einer Geschwindigkeitstufe in die andre. halte es daher für unbedingt erforderlich, diese Eigenti lichkeit der Zugkraftlinie der Getriebelokomotive na Abb. 11 hervorzuheben. Das Gesagte bezieht sich au auf die Leistungslinie, die bei Füllung 6 und bei d höchsten Zugkraftwert den in Abb. 12 gezeigten Verla hat. Sie geht beim Umschalten von einer Geschwind keitstufe in die andre ebenfalls durch den Nullpunkt; Linie hat also den Verlauf *Oabcdefg*. (Schluß folgt.)

Mengenzustandsänderungen

Von Prof. Dr. G. Zerkowitz, München

Die vier Grundfälle: Überströmen, Drosseln, Ausströmen, Auffüllen — Erster und zweiter Hauptsatz für Mengenzustandsänderungen — Homogenes System: Mengenisochore; Auffüllen des schädlichen Raumes bei der Kolbendampfmaschine — Inhomogenes System: Die Vorgänge beim Raumspeicher unter Berücksichtigung der Dampfräume

Unter Mengenzustandsänderungen sollen wärmetechnische Vorgänge verstanden werden, bei denen sich außer dem Zustand auch die Menge des beteiligten offes ändert. Hierher gehören alle Ausström- und Einrömvorgänge, z. B. das Entleeren und das Auffüllen n Gefäßen, wobei es grundsätzlich gleichgültig ist, ob r Stoff physikalisch homogen ist oder nicht. Von bendrer Bedeutung sind die Mengenzustandsänderungen für aumspeicher, ferner für Kolbenmaschinen aller Art. Auch i Turbomaschinen können Mengenzustandsänderungen legentlich auftreten; man denke nur an das Einführen s vorverdichteten Gemisches in die Verbrennungskammer i der Gasturbine nach Holzwarth. Die nachstehende Beachtung hat den Zweck, die thermodynamischen Grundgen der Mengenzustandsänderungen nach einheitlichen esichtspunkten klarzulegen. Auf strömungstechnische ragen wird nicht eingegangen.

Die vier Grundfälle

In den nachstehenden Beziehungen bedeuten v, u, i, s olumen, innere Energie, Wärmeinhalt (Enthalpie), Entroe für die Mengeneinheit, z. B. 1 kg; V, U, I, S dieselben ustandsgrößen für eine beliebige Stoffmenge, die sich im aufe des Vorgangs ändern kann. Q bedeutet die (zuführte) Wärmemenge, p den Druck.

1. Fall (Überströmen). Aus dem Gefäß A, Abb. 1, s eine bestimmte Gasmenge vom Zustand T_1 und p_1 thält, lasse man durch Öffnen des Ventils X das Gas den Raum B überströmen. Während des Überströmens i jeder Wärmeaustausch mit der Umgebung ausschlossen. Wartet man so lange ab, bis vollständige uhe und thermisches Gleichgewicht eingetreten sind, so t die gesamte innere Energie am Ende ebenso groß wie Beginn, d. h. es ist

$$U_1 = U_2 = \text{konst} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1).$$

ar der Raum B anfänglich vollkommen leer, so ist bei nem idealen Gas wegen $U = G\,c_v\,T + \text{konst.}$ die Tempetur T_2 am Ende ebenso groß wie die Temperatur T_1 am nfang; dabei bedeutet G die Stoffmenge in kg, die sich sprünglich im Gefäß A allein und schließlich in den iden Gefäßen A und B befindet. Ist im Raum B zu eginn eine gewisse Menge Gas von gleicher stofflicher eschaffenheit wie im Raum A vorhanden, wobei jedoch r Druck in B niedriger als in A ist, so erfolgt beim Überrömen zunächst ein Druckausgleich, dann ein Temperaturisgleich; die gesamte innere Energie bleibt auch hier nstant.

2. Fall (Drosseln). Ein Gas werde in ständigem rom durch ein Überström- oder Drosselventil geleitet, worch der Gasdruck von p_1 auf p_2 herabgesetzt wird, Abb. 2. an kann sich hierbei vorstellen, daß das Gas einem endlich großen Behälter entstammt, und daß es nach m Drosseln in einen unendlich großen Raum geleitet ird, oder auch, daß das Gas von einem fortlaufend arbeiden Kompressor geliefert wird und nach dem Drosseln wa durch eine Rohrleitung ständig abströmt. Wegen der inlichkeit mit hydrodynamischen Vorgängen kann man ch sagen, daß das Gas von einer „Quelle" zu einer „Senke" strömt. Hier steht das durchströmende Gas unter dem nfluß der nachdrängenden und der vorauseilenden Gasasse, wodurch z. B. auf die durch die Ebenen I, II abgrenzte Gasmasse eine Arbeit $p_1 V_1 - p_2 V_2$ übertragen ird. Es gilt

$$U_1 + A\,p_1\,V_1 - A\,p_2\,V_2 = U_2$$

ler

$$I_1 = I_2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (2).$$

3. Fall (Ausströmen). Denkt man sich in Abb. 1, so beim ersten Fall, das Gefäß B durch eine Rohritung oder durch eine fortlaufend arbeitende Maschine

Abb. 1 Überströmen

Abb. 2 Drosseln

Abb. 3 Ausströmen

Abb. 4 Auffüllen

X Überströmventil zwischen den Räumen oder Rohrleitungen A und B

ersetzt, Abb. 3, so daß an die Stelle des Gefäßes B eine „Senke" tritt, so liegt ein Ausströmvorgang vor. Enthält das Gefäß A einen homogenen gasförmigen Körper, so findet im Raum A eine adiabatische Expansion statt. Der Stoff im Raum A kann sich aber auch in zwei Phasen, z. B. in der flüssigen und gasförmigen, befinden, und es können die Verhältnisse, wie beim Raumspeicher, so liegen, daß der Stoff nur in der einen Phase, etwa in der gasförmigen, eingeführt oder entnommen wird. Die hier eintretenden Vorgänge lassen sich nicht so einfach überblicken und werden weiter unten behandelt.

4. Fall (Auffüllen). Ein vollständig leeres Gefäß B wird dadurch aufgefüllt, daß es durch eine Rohrleitung A an eine „Quelle" angeschlossen wird, Abb. 4, und zwar so lange, bis im Gefäß B der volle Gasdruck der Quelle herrscht. Die nachdrängende Gasmasse überträgt hierbei auf das einströmende Gas die Arbeit $p_1 V_1$, d. h. es gilt

$$U_1 + A_1\,p_1\,V_1 = U_2$$

oder

$$I_1 = U_2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3).$$

Hier wird äußere Arbeit zur Erhöhung der inneren Energie herangezogen. Für ein ideales Gas gilt, da $U = G\,c_v\,T + \text{konst.}$, hingegen $I = G\,c_p\,T + \text{konst.}$ ist,

$$c_p\,T_1 = c_v\,T_2$$

oder

$$\varkappa\,T_1 = T_2 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (3\text{a}).$$

Die Temperatur T_2 am Ende der Einströmung ist also wesentlich höher als die Temperatur T_1 der „Quelle". Diese einfache Beziehung, die bereits Bauschinger bekannt war, hat Zeuner[1]) auf anderm Wege abgeleitet.

Allgemeine Beziehungen

Um auch verwickeltere Fälle behandeln zu können, muß man an der Hand der Hauptsätze der Thermodynamik die für die Mengenzustandsänderungen gültigen Grundgleichungen aufstellen. Der erste Hauptsatz in der Form

$$\mathrm{d}\,Q = \mathrm{d}\,U + A\,\mathrm{d}\,L_a = \mathrm{d}\,I + A\,\mathrm{d}\,L_t \quad \ldots \quad (4),$$

worin L_a die äußere, L_t die technische Arbeit bedeutet, gilt nur dann, wenn am Vorgang eine bestimmte Stoffmenge beteiligt ist. Ändert sich die Stoffmenge, indem man aus einer Quelle oder aus einem Behälter von gegebenem, endlichem Rauminhalt eine unendlich kleine Stoff-

[1]) Technische Thermodynamik Bd. I S. 177, Leipzig 1900.

menge entnimmt, deren Gewicht $\mathrm{d}\,G$ und deren Wärmeinhalt i_0 beträgt, so gilt an Stelle von Gl. (4)

$$\mathrm{d}\,Q + i_0\,\mathrm{d}\,G = \mathrm{d}\,U + A\,\mathrm{d}\,L_a = \mathrm{d}\,(G\,u) + A\,\mathrm{d}\,L_a \quad . \quad (5)$$

oder auch unter Heranziehung von L_t

$$\mathrm{d}\,Q + i_0\,\mathrm{d}\,G = \mathrm{d}\,I + A\,\mathrm{d}\,L_t = \mathrm{d}\,(G\,i) + A\,\mathrm{d}\,L_t \quad . \quad (5a).$$

Bei einer eigentlichen Quelle, z. B. bei einem Dampfkessel, einem Verdichter und dergleichen, bleibt i_0 konstant. In diesem Falle läßt sich Gl. (5) in einfacher Weise integrieren, und zwar erhält man[2])

$$Q + i_0\,\Delta\,G = G_2\,u_2 - G_1\,u_1 + A\,L_a.$$

Bei abnehmender Stoffmenge kann man das positive Vorzeichen bei $i_0\,\mathrm{d}\,G$ durch ein negatives ersetzen; das muß jedoch nicht geschehen, da $\mathrm{d}\,G$ positiv oder negativ sein kann, so daß Gl. (5) und (5 a) für zunehmende oder für abnehmende Stoffmenge gelten. Besteht die Arbeit, die während des Vorganges geleistet oder aufgewendet wird, lediglich in Raumveränderung, so gilt

$$\mathrm{d}\,L_a = p\,\mathrm{d}\,V = p\,\mathrm{d}\,(G\,v) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

und wegen Gl. (4)

$$\mathrm{d}\,L_t = -\,V\,\mathrm{d}\,p = -\,(G\,v)\,\mathrm{d}\,p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6a).$$

Bei Mengenzustandsänderungen ist $V = G\,v$ das Produkt von zwei Größen, die sich im allgemeinen beide ändern. Bleibt G konstant, so liegt eine gewöhnliche Zustandsänderung vor; bleiben hingegen v und zugleich p konstant, so haben wir es mit einer reinen Mengenänderung zu tun, bei der sich der Zustand des Stoffes nicht ändert. Die Anwendbarkeit von Gl. (6) setzt allerdings voraus, daß während der eigentlichen Mengenzustandsänderung keine erheblichen Strömungswiderstände auftreten; andernfalls ist die Reibungsarbeit in derselben Weise zu berücksichtigen wie bei Strömungsvorgängen.

Um dies klarzulegen, betrachten wir nochmals den 4. Grundfall. Hier erfährt das aus A strömende Gas zunächst eine Drosselung, die um so erheblicher ist, je tiefer der Druck im Gefäß B ist. Die Drosselung selbst ist natürlich ein nicht umkehrbarer Vorgang, der mit erheblichen Widerständen verbunden ist; deswegen braucht aber die Mengenzustandsänderung im Gefäß B noch nicht irreversibel zu sein.

Ob eine Mengenzustandsänderung umkehrbar verläuft oder nicht, ergibt der zweite Hauptsatz. Hier hat man zunächst zu beachten, daß selbst für den Fall der umkehrbar verlaufenden Mengenzustandsänderung $\mathrm{d}\,Q$ nicht gleich $T\,\mathrm{d}\,(G\,s)$ ist, sobald G veränderlich ist. Daher hat die Darstellung einer Mengenzustandsänderung in einem Entropiediagramm, dessen Abszissen $S = G\,s$ bei veränderlichem Stoffgewicht G sind, keine thermodynamische Bedeutung. In einem solchen TS-Diagramm (Boulvin) stellt z. B. die Fläche zwischen der „Zustandslinie" und der Abszissenachse nicht die zugeführte Wärmemenge dar.

Damit soll nicht gesagt sein, daß man Entropiediagramme bei Vorgängen, bei denen Mengenzustandsänderungen auftreten, vollständig zu meiden hat. Es haben aber nur solche Darstellungen einen Sinn, die sich auf 1 kg oder auf eine bestimmte Stoffmenge beziehen, und sie geben nur darüber Auskunft, welche Zustandsänderungen die Mengeneinheit oder eine bestimmte Stoffmenge während der Mengenzustandsänderung erfährt.

Um festzustellen, ob eine Mengenzustandsänderung umkehrbar verläuft oder nicht, muß man die gesamte Entropie vor und nach der Mengenzustandsänderung bestimmen. Nimmt z. B. die Stoffmenge zu und ist das Anfangsgewicht G_1, dessen Entropie s_1, das Endgewicht G_2, dessen Entropie s_2, wobei das aus einer Quelle zugeführte Gewicht $\Delta\,G = G_2 - G_1$ ist und seine Entropie am Anfang s_0 beträgt, so ist die Entropieänderung $G_2\,s_2 - (G_1\,s_1 + \Delta\,G\,s_0)$ und die auf $\Delta\,G$ bezogene Entropieänderung

$$\Delta\,s = \frac{(G_1 + \Delta\,G)\,s_2 - G_1\,s_1}{\Delta\,G} - s_0.$$

Ist $s_1 = s_2$, so wird $\Delta\,s = s_2 - s_0 = s_1 - s_0$. Eine solche Mengenzustandsänderung ist nicht umkehrbar, da $\Delta\,s > 0$ wird. Wesentlich ist, ob das der Mengenzustandsänderung unterworfene System homogen ist oder nicht. Hier sollen nur chemisch homogene Systeme [...]trachtet werden[3]), so daß Diffusion, Lösungen und [...] gleichen ausgeschlossen sind; dagegen kommen ph[...]kalisch homogene und inhomogene Systeme in Betra[...] Dabei kann man nassen Dampf, sofern die gasförmige [...] die flüssige Phase innig miteinander vermischt sind [...] während der Mengenzustandsänderung auch innig mit[...]ander vermischt bleiben, im wesentlichen wie ein homoge[...] System behandeln. Dieser Vorgang ist dagegen unzuläs[...] wenn gasförmige und flüssige Phase getrennt sind. [...] Auffüllen des schädlichen Raumes bei der Kolbenda[...]maschine kann man als Mengenzustandsänderung e[...] homogenen Systems auffassen, auch wenn die Masch[...] mit Naßdampf betrieben wird, sofern die innige Misch[...] beider Phasen bestehen bleibt; dagegen ist das Laden e[...] Raumspeichers ein inhomogener Auffüllvorgang, das [...]laden ein inhomogener Ausströmvorgang.

Homogene Mengenzustandsänderung bei konstantem Volumen (Mengenisochore)

Wir betrachten zunächst Mengenzustandsänderun[...] in einem Gefäß von gegebenem Rauminhalt unter der [...]aussetzung, daß das System homogen sei. Soll hie[...] jeder Wärmeaustausch mit der Umgebung ausgeschlos[...] sein, so ergibt sich aus Gl. (5)

$$i_0\,\mathrm{d}\,G = \mathrm{d}\,U = \mathrm{d}\,(G\,u) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [...]$$

Bei zunehmender Stoffmenge ist $\mathrm{d}\,G > 0$, bei abnehmen[...] Stoffmenge ist $\mathrm{d}\,G < 0$; Gl. (7) gilt also für das A[...]füllen und für das Entleeren des Behälters. Aus Gl. [...] erhält man

$$(i_0 - u)\,\mathrm{d}\,G = G\,\mathrm{d}\,u \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad ([...]$$

$$\frac{\mathrm{d}\,G}{G} = \frac{\mathrm{d}\,u}{i_0 - u} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [...]$$

Beim Ausströmvorgang ist $\boldsymbol{i_0 = i = u + A\,p\,v}$, daher [...]statt Gl. (7 a)

$$A\,p\,v\,\mathrm{d}\,G = G\,\mathrm{d}\,u \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad [...]$$

Da der Rauminhalt des Gefäßes unveränderlich ist, so[...] $G\,v = V =$ konst. oder

$$G\,\mathrm{d}\,v + v\,\mathrm{d}\,G = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad ([...]$$

Führt man Gl. (10) in Gl. (9) ein, so erhält man, da [...] G aus der Gleichung heraushebt,

$$\mathrm{d}\,u + A\,p\,\mathrm{d}\,v = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad ([...]$$

also die Gleichung der Adiabate. Während die Meng[...]zustandsänderung hier eine Isochore ist, ist die Zusta[...]änderung, die die Mengeneinheit des Stoffes im Innern [...] Gefäßes erfährt, eine Adiabate[4]). Nach dem Ausströ[...] aus dem Gefäß verläuft die Zustandsänderung der [...]zelnen Stoffteile zumeist nicht adiabatisch, vielmehr w[...] die kinetische Energie wie bei jedem Drosselvorgang [...] Wärme umgesetzt.

Für das Auffüllen eines ursprünglich leeren Gefä[...] gilt Gl. (9) nur dann, wenn jedes einzelne Stoffteilc[...] jeweils in dem Zustand angeliefert wird, der im Inn[...] des Gefäßes gerade herrscht, wenn also $i_0 = i$ ist. [...] allgemeinen trifft dies allerdings nicht zu, insbeson[...] wenn der Stoff einer Quelle entnommen wird, da dan[...] konstant ist. Setzt man $i_0 - i = \Delta\,i$, so wird aus Gl. ([...]

$$(\Delta\,i + A\,p\,v)\,\mathrm{d}\,G = G\,\mathrm{d}\,u$$

oder wegen Gl. (10)

$$\Delta\,i\,\mathrm{d}\,G = G\,(\mathrm{d}\,u + A\,p\,\mathrm{d}\,v) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad ([...]$$

d. h. die Zustandsänderung weicht von der Adiabate [...] so stärker ab, je größer $\Delta\,i$ ist.

Für ideale Gase erhält man aus Gl. (9) mit $p\,v = [...]$ und durch Integration

$$\frac{G_2}{G_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{\varkappa - 1}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad ([...]$$

Nur wenn $i_0 = i$ ist, hat man es mit einem umkehrba[...] Vorgang zu tun. Das Auffüllen eines Gefäßes, [...]

[2]) Diesen Ansatz haben bereits Grashof und Zeuner bei der „kalorimetrischen Untersuchung" der Dampfmaschine benutzt.

[3]) Ein Beispiel für ein auch chemisch inhomogenes System bi[...] die Absorptionskältemaschine, vergl. R. Plank, Z. f. d. ges. Kälte-[...] Bd. 17 (1910) S. 1; s. a. H. Lorenz, Lehrbuch der technischen Ph[...] Bd. II S. 233.

[4]) Hier sieht man auch ohne weiteres ein, daß $\mathrm{d}\,Q$ nicht gle[...] $T\,\mathrm{d}\,(G\,s)$ sein kann. Da $\mathrm{d}\,Q = 0$ ist, so müßte $G\,\mathrm{d}\,s + s\,\mathrm{d}\,G = 0$ sein o[...] da s konstant bleibt, auch G unverändert bleiben, d. h. die Menge kön[...] sich überhaupt nicht ändern.

Abb. 5
$p\,V$-Diagramm der Kolbendampfmaschine

Abb. 6
$p\,v$-Diagramm der Kolbendampfmaschine

Abb. 7
$i\,s$-Diagramm der Kolbendampfmaschine

rsprünglich nicht leer war, ist im allgemeinen kein umehrbarer Vorgang. Erfolgt das Auffüllen aus einer Quelle, ergibt sich aus Gl. (7) mit $i_0 =$ konst.

$$i_0 \Delta G = G_2 u_2 - G_1 u_1 \quad \ldots \ldots (13).$$

abei ist

$$\Delta G = G_2 - G_1 \quad \ldots \ldots (14)$$

$$G_1 v_1 = G_2 v_2 \quad \ldots \ldots (15).$$

us Gl. (13) bis (15) läßt sich bei gegebenen Werten von u_1, ferner bei gegebenem Zustand des angelieferten offes der Endzustand des Stoffes nach dem erfolgten uffüllen und die eingeführte Stoffmenge berechnen. Ein lcher Vorgang findet beim Auffüllen des Verbrennungsumes der Holzwarthschen Gasturbine statt. Der besondere all mit $G_1 = 0$ und $\Delta G = G_2$ führt auf $i_0 = u_2$ und entricht dem 4. Grundfall.

Homogene Mengenzustandsänderung mit Arbeitsleistung
(Kolbendampfmaschine)

Der Vorgang im Zylinder der Kolbendampfmaschine setzt sich i. a. aus zwei Zustandsänderungen, nämlich der Expansion und der Verdichtung, und zwei Mengenzustandsänderungen, dem Füllen und dem Ausströmen, zusammen. Sieht man vom Wärmeaustausch mit den Wandungen ab, so verlaufen Expansion und Verdichtung adiabatisch. Im Idealfall stellt sich das Ausströmen als Mengenisochore dar, während die Mengeneinheit im Innern des Zylinders eine adiabatische Zustandsänderung erfährt.

An dieser Stelle sei der Vorgang der Füllung thermodynamisch näher untersucht, wobei der Einfachheit wegen vollständige Expansion angenommen sei[5]). Abb. 5 stellt ein $p\,V$-Diagramm (idealisiertes Indikatordiagramm) für diesen Fall dar. Das Auffüllen erfolgt zunächst längs EA, das weitere Füllen längs AB, das Ausströmen wegen der vollständigen Expansion nur längs CD; dies ist eine reine Mengenisobare ohne jede Zustandsänderung. Bei oberflächlicher Betrachtung wäre man geneigt, anzunehmen, daß auch AB eine reine Mengenisobare sein könnte; dies ist aber nicht der Fall, da der Zustand des Dampfes während der Mengenzustandsänderung AB nicht mit dem Zustand des Dampfes übereinstimmt, der der Quelle (Dampfkessel) entstammt.

Der Wärmeinhalt dieses Dampfes sei i_0, i_1 sei der Wärmeinhalt des Dampfes am Ende der Füllung, also im Punkt B. Um die Verhältnisse besser zu übersehen, mögen außerdem die Zustandsänderungen der Mengeneinheit des Dampfes im Zylinder in einem $p\,v$-Diagramm und in einem is-Diagramm dargestellt werden. Wir wollen uns zunächst um den Zustand des Dampfes in der Quelle gar nicht kümmern und den Zustand des Dampfes am Ende der Füllung, also in B, Abb. 5, oder b, Abb. 6 und 7, als gegeben ansehen. Dann stellen BC und bc die Expansionsadiabate, h das ihr entsprechende Wärmegefälle dar. Die Verdichtung des nach beendetem Ausströmen im Zylinder verbleibenden Dampfes erfolgt in Abb. 5 längs DE; in Abb. 6 und 7 deckt sich die Adiabate der Verdichtung mit der Adiabate der Expansion, nur verläuft diese zwischen p_1 und p_2, jene zwischen p_2 und p_r.

Die Arbeit eines Kreisprozesses kann man bekanntlich aus der Summe der äußeren Arbeiten L_a oder aus der Summe der technischen Arbeiten L_t berechnen[6]); dies gilt wegen Gl. (5) auch dann, wenn Mengenzustandsänderungen vorkommen. Es ist also für den ganzen Kreisprozeß

$$A\,L = \text{Fläche } Y_1BCY_2 - \text{Fläche } Y_rEDY_2 - \text{Fläche } Y_1AEY_r \quad (16).$$

Ist G die während eines Arbeitspiels in den Zylinder eingeführte Dampfmenge, G_r die Dampfmenge, die im Zylinder nach vollzogenem Ausströmen verbleibt (Restdampf), so nimmt an der Expansion $G + G_r$, an der Verdichtung G_r teil. Ist V_0 der Inhalt des schädlichen Raumes, V_1 der Füllungsraum, V_2 der Hubraum, ferner h_r das adiabatische Gefälle der Verdichtung, so kann man statt Gl. (16) schreiben

$$A\,L = (G + G_r)\,h - G_r\,h_r - A\,(p_1 - p_r)\,V_0 \quad . \; . \quad (17),$$

Nun ist $V_0 = G_r\,v_r$, ferner sei $G_r = \varrho\,G$. Aus Gl. (17) ergibt sich

$$\frac{A\,L}{G} = (1 + \varrho)\,h - \varrho\,h_r - \varrho\,A\,v_r\,(p_1 - p_r)$$
$$= h - \varrho\,[A\,v_r\,(p_1 - p_r) - (h - h_r)]$$
$$\frac{A\,L}{G} = h - \varrho\,A\,z \quad \ldots \ldots (18).$$

Im $p\,v$-Diagramm nach Abb. 6 ist $v_r\,(p_1 - p_r)$ die Fläche y_1gey_r, $h - h_r$ der Wärmewert der Fläche y_1bey_r; daher entspricht z der Fläche bge.

Um nun festzustellen, wie weit durch das Auffüllen ein Verlust entsteht, sei noch die Hauptgleichung der Mengenzustandsänderung herangezogen; aus Gl. (5) und (6) ergibt sich im vorliegenden Fall

$$G\,i_0 = (G_r + G)\,u_1 - G_r\,u_r + A\,p_1\,V_1 \quad . \quad (19),$$

[5]) Die Vorgänge in der Kolbendampfmaschine unter Berücksichtigung unvollständiger Expansion habe ich in meinem Beitrag zu dem kürzlich erschienenen Band III (Wärme, 1. Hälfte) des Müller-Pouilletschen Lehrbuches der Physik (Braunschweig 1926, Friedr. Vieweg & Sohn) behandelt.

[6]) Vergl. Müller-Pouille Bd. III S. 943.

V″

V′

RZ 109 Z 8

Abb. 8
Schema des Raumspeichers

V Wasservolumen des Raumspeichers
V Dampfvolumen " "
X Dampfentnahme und -zuführleitung

worin u_r die Energie des Restdampfes am Ende der Verdichtung bedeutet. Führt man $u_r = i_r - A\,p_r\,v_r$, ferner $u_1 = i_1 - A\,p_1\,v_1$ ein, so erhält man

$$i_1 - i_0 = \varrho\,A\,z \quad \text{. . . . . (20).}$$

Man ersieht daraus, daß der Wärmeinhalt am Ende der Füllung höher ist als der Wärmeinhalt des Frischdampfes, d. h. das Auffüllen bedingt eine Erhöhung des Wärmeinhalts oder bei überhitztem Dampf eine Erhöhung der Temperatur. Dieser Erwärmung beim Auffüllen wirkt allerdings der Wärmeaustausch mit den Wandungen entgegen[7]), der vielfach überwiegen dürfte.

Im $i\,s$-Diagramm, Abb. 7, bezeichnet b_0 den Zustand des angelieferten Frischdampfes, b den Zustand am Ende der Füllung, a den Zustand am Ende des Auffüllens, entsprechend A, Abb. 5. Während des eigentlichen Füllens ändert sich der Dampfzustand von a nach b. In einer idealen Dampfmaschine würde man eine Arbeit

$$\frac{A\,L_0}{G} = h_0 \quad \text{. . . . . (21)}$$

gewinnen; der Verlust durch das Auffüllen des schädlichen Raumes ergibt sich also dadurch, daß man

$$\frac{A\,L}{G} = h_n = h - \varrho\,A\,z \quad \text{. . . . . . . (22)}$$

mit h_0 vergleicht; der Verlust ist

$$h_v = h_0 - h_n = h_0 - (h - \varrho\,A\,z) \quad \text{. . . . (23).}$$

Nun ist $h_0 = \overline{b_0\,c_0} = i_0 - (i_2)$, Abb. 7, während $h = i_1 - i_2$ ist. Somit wird wegen Gl. (23)

$$h_v = i_0 - (i_2) - (i_1 - i_2) + \varrho\,A\,z = i_2 - (i_2) \quad \text{. . (24).}$$

Nicht $i_1 - i_0$ gilt also als Verlust, sondern der kleinere Wert $i_2 - (i_2)$, wie sich übrigens auf Grund des zweiten Hauptsatzes ohne weiteres ergibt; denn das Auffüllen des schädlichen Raumes bedingt nur, daß der Dampf im Zustand i_2 statt im Zustand (i_2) aus dem Zylinder tritt, was einer Entropievermehrung um $\Delta\,s$ entspricht. Befindet sich der Dampf am Ende der Expansion im gesättigten Gebiet, so wird der Verlust

$$h_v = T_2\,\Delta\,s \quad \text{. . . . . (24a).}$$

Bezogen auf G kg arbeitende Dampfmenge beträgt der Verlust

$$A\,L_v = G\,T_2\,\Delta\,s \quad \text{. . . . . (24b).}$$

Die abgeleiteten Beziehungen gelten auch dann, wenn keine Verdichtung stattfindet; in diesem Fall ist $p_r = p_2$. Einen Begriff von der Größe der Erhöhung des Wärmeinhalts gibt folgendes Beispiel: Für $p_0 = p_1 = 10$ at, $t_0 = 300\,°\mathrm{C}$, $p_2 = 0{,}1$ at wird $i_1 - i_0 = 11$ kcal/kg, $t_1 - t_0 = 22\,°\mathrm{C}$.

Inhomogene Mengenzustandsänderungen (Raumspeicher)

Die Lade- und Entladevorgänge bei den Raumspeichern nach Perkins, Francq-Lamm, Rateau und Ruths unterscheiden sich von den bisher betrachteten Ein- und Ausströmvorgängen dadurch, daß das System nicht homogen ist. Im Raumspeicher sind flüssige und gasförmige Phase räumlich voneinander getrennt, und die Mengenzustandsänderung erfolgt meist derart, daß der St nur in der einen Phase, nämlich der gasförmigen, z geführt oder entnommen wird.

In Abb. 8 bedeutet V den Gesamtinhalt des Speiche (feste Einbauten abgerechnet), V' das Wasser-, V'' d Dampfvolumen. Der Dampf wird durch die Leitung entnommen oder zugeführt; der bei der Entnahme a strömende Dampf ist, wie Versuche am Ruthsspeicher g zeigt haben, nahezu trocken gesättigt, da sich die all falls entstehende Feuchtigkeit vor dem Austritt im wese lichen ausscheidet und mit dem Wasserinhalt vermisc

Ist ε der Raumanteil, x der Gewichtsanteil des Dampf so gilt, wenn man die spezifischen Rauminhalte d Wassers und des Dampfes mit v', v'', die spezifischen G wichte mit $\gamma' = \frac{1}{v'}$, $\gamma'' = \frac{1}{v''}$, das Wassergewicht mit (das Dampfgewicht mit G'' bezeichnet,

$$G' = (1 - x)\,G, \quad G'' = x\,G \quad \text{. . . . . (2}$$

$$V' = (1 - \varepsilon)\,V, \quad V'' = \varepsilon\,V \quad \text{. . . . . (2}$$

Zwischen x und ε besteht die Beziehung

$$x = \frac{\varepsilon}{(1 - \varepsilon)\,\frac{v''}{v'} + \varepsilon} \quad \text{. . . . . . . (2}$$

Ist z. B. bei einem Raumspeicher für Wasser $\varepsilon =$ so beträgt der Gewichtsanteil des Dampfes bei 10 $x = 0{,}005\,65$, bei 3 at $x = 0{,}001\,73$. Erst bei sehr hoh Drücken, die bei Wasserdampfspeichern bisher nicht z Anwendung gelangen, nimmt x größere Werte an. Dah ist es gerechtfertigt, wenn man bei der Berechnung d Speichers das Gewicht und auch die Energie des Speicher enthaltenen Dampfes vernachlässigt. Der Hau grund liegt eben darin, daß bei den praktisch in Fra kommenden Druckgrenzen v' gegen v'' sehr klein ist. andern Stoffen, z. B. Kohlensäure, wäre die Vernachläs gung nicht zulässig, und auch bei Wasserdampf ist nicht mehr statthaft, sobald man zu ganz hohen Drück übergeht.

Die strenge Lösung ergibt sich, indem man von d Gl. (5) ausgeht. Diese liefert hier

$$i_0\,\mathrm{d}\,G = \mathrm{d}\,(G'\,u' + G''\,u'') = \mathrm{d}\,[G\,(1 - x)\,u' + x\,u'']$$
$$= \mathrm{d}\,(G\,u') + \mathrm{d}\,[G\,x\,(u'' - u')] \quad \text{. . . . . (2}$$

Dazu kommt noch

$$G\,v' + G\,x\,(v'' - v') = V = \text{konst} \quad \text{. . . . (2}$$

Führt man x aus Gl. (29) in Gl. (28) ein, so ergibt si

$$i_0\,\mathrm{d}\,G = \mathrm{d}\,(G\,u') + \mathrm{d}\left[(V - G\,v')\,\frac{u'' - u'}{v'' - v'}\right] \quad \text{. . (3}$$

Für das Entladen des Speichers ist $i_0 = i''$; beim Lad kann hingegen je nach der Schaltung i_0 von i'' verschied sein. Speist man den Speicher aus einer Quelle, so w $i_0 =$ konst. und Gl. (30) läßt sich leicht integrier Sonst empfiehlt es sich, zur Abkürzung einige Hil größen einzuführen, die reine Druck- oder Temperat funktionen sind und Dampftafeln entnommen werd können. Setzt man

$$\frac{u'' - u'}{v'' - v'} = \varphi \quad \text{und} \quad u' - \varphi\,v' = \chi,$$

so erhält man aus Gl. (30)

$$(i_0 - \chi)\,\mathrm{d}\,G = G\,\mathrm{d}\,\chi + V\,\mathrm{d}\,\varphi$$

oder

$$(i_0 - \chi)\,\frac{\mathrm{d}\,G}{\mathrm{d}\,p} = G\,\frac{\mathrm{d}\,\chi}{\mathrm{d}\,p} + V\,\frac{\mathrm{d}\,\varphi}{\mathrm{d}\,p} \quad \text{. . . . . . (30}$$

Ist i_0 in Abhängigkeit vom Druck gegeben, z. B. $i_0 =$ so kann man auch schreiben

$$\frac{\mathrm{d}\,G}{\mathrm{d}\,p} = G\,\Phi\,(p) + V\,\Psi\,(p) \quad \text{. . . . . . (30}$$

worin $\Phi(\mathrm{p})$ und $\Psi(\mathrm{p})$ reine Druckfunktionen (oder Temp raturfunktionen) sind. Den Verlauf von $\Phi(\mathrm{p})$ und $\Psi($ ermittelt man aus den Dampftafeln, und darauf ka Gl. (30 b), die übrigens eine bekannte Differentialgleichu 1. Ordnung ist, zeichnerisch integriert werden.

[7]) Im Laboratorium für Wärmekraftmaschinen der Technischen Hochschule München hat Dipl.-Ing. Bomke an einer Gleichstromdampfmaschine eine Erhöhung der Temperatur durch das Füllen beobachtet.

Ist x sehr klein, so erhält man aus Gl. (28) angenähert

$$i_0 \, d\, G = d\,(G\, u') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (28a)$$

oder

$$\frac{d\, G}{G} = \frac{d\, u'}{i_0 - u'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31).$$

Wird $i_0 = i''$, so gilt auch

$$\frac{d\, G}{G} = \frac{d\, u'}{i'' - u'}.$$

Im Bereich niedriger Drücke darf man aber auch $u' = i'$, ferner $d\, u' = T\, d\, s'$ setzen. Man erhält damit die bekannte Beziehung

$$\frac{d\, G}{G} = \frac{T\, d\, s'}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31a).$$

Die Auflösung der Gl. (30 b) ist zeitraubend und mühsam. Es fragt sich daher, ob man für den Fall, daß man den Einfluß der Dampfräume nicht vernachlässigen will oder darf, auf bequemerem Wege zu einer Lösung gelangen kann. Zu diesem Zweck denke man sich die Differentialgleichung (28) in zwei Teile zerlegt, wovon der eine die Mengenzustandsänderung des Wassers, der andre die Mengenzustandsänderung des Dampfes darstellt. Jede einzelne Mengenzustandsänderung ist dann allerdings keine Mengenisochore mehr.

Für den Wasserraum allein wäre danach

$$i_0 \, d\, G_I = d\,(G'\, u') + A\, p\, d\,(G'\, v') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

und für den Dampfraum

$$i_0 \, d\, G_{II} = d\,(G''\, u'') + A\, p\, d\,(G''\, v'') \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

Dabei darf man $d\, G_I = d\, G'$ und $d\, G_{II} = d\, G''$ setzen, obwohl auch $d\, G_I$ im dampfförmigen Zustand angeliefert oder entnommen wird. Dazu kommt

$$G'\, v' + G''\, v'' = V = \text{konst} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34).$$

Für den Wasserraum erhält man daraus weiter

$$(i_0 - u' - A\, p\, v')\, d\, G' = G'\,(d\, u' + A\, p\, d\, v')$$

oder

$$(i_0 - i')\, d\, G' = G'\,(d\, u' + A\, p\, d\, v') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32a).$$

Da die Mengenzustandsänderung des Wassers längs der unteren Grenzkurve verläuft, so muß $d\, u' + A\, p\, d\, v' = T\, d\, s'$ sein. Dies würde für $i_0 = i''$ wiederum zu Gl. (31a) führen.

Für den Dampfraum würde sich ergeben

$$(i_0 - i'')\, d\, G'' = G''\,(d\, u'' + A\, p\, d\, v'') \quad . \quad . \quad . \quad (33a)$$

Für $i_0 = i''$ wäre nun $d\, u'' + A\, p\, d\, v'' = 0$, d. h. die Mengenzustandsänderung des Dampfraumes müßte adiabatisch verlaufen. Dies kann aber im allgemeinen nicht zutreffen. Der entnommene Dampf ist praktisch trocken gesättigt, und beim Laden kann im Dampfraum keine adiabatische Verdichtung stattfinden, weil sich sonst der Dampf überhitzen müßte. Die Mengenzustandsänderung des Dampfraumes erfolgt vielmehr mit großer Annäherung längs der oberen Grenzkurve.

Betrachtet man den Fall, daß $i_0 = i''$ ist, was für das Entladen stets, für das Laden unter Umständen genau, mitunter mit guter Annäherung zutrifft, so muß dem Dampfraum bei zunehmender Stoffmenge eine Wärmemenge entzogen werden, die auf den Wasserraum übertragen wird. Beim Entladen würde umgekehrt dem Dampfraum eine Wärmemenge zugeführt, die der Wasserraum zu liefern hat. In Wirklichkeit wird beim Entladen der expandierende Dampf zunächst naß; die entstehende Feuchtigkeit scheidet sich jedoch aus und verbindet sich mit dem Wasser. Für die rechnerische Betrachtung darf aber in beiden Fällen davon ausgegangen werden, daß zwischen Wasser- und Dampfraum Wärme ausgetauscht wird. Dann gilt zunächst für den Dampfraum statt Gl. (33a) mit $i_0 = i''$

$$d\, Q = G''\,(d\, u'' + A\, p\, d\, v'') = G''\, T\, d\, s'' \quad . \quad . \quad (35),$$

wobei $d\, Q$ beim Laden negativ ist, und für den Wasserraum

$$i''\, d\, G' - d\, Q = d\,(G'\, u') + A\, p\, d\,(G'\, v')$$

oder

$$(i'' - i')\, d\, G' - d\, Q = G\,(d\, u' + A\, p\, d\, v') = G'\, T\, d\, s' \quad (36),$$

statt Gl. (31a) oder Gl. (32a). Dabei ist $d\, Q$ aus Gl. (35) in Gl. (36) einzuführen, so daß man schließlich

$$(i'' - i')\, d\, G' - G''\, T\, d\, s'' = G'\, T\, d\, s' \quad . \quad . \quad . \quad (37)$$

oder

$$r\, d\, G' - G''\, T\, d\, s'' = G'\, T\, d\, s' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37a)$$

erhält. Beachtet man, daß $\frac{G''}{G'} = \frac{x}{1-x}$ ist, so kann man auch schreiben

$$r\, \frac{d\, G'}{G'} = T\, d\, s' + \frac{x}{1-x}\, T\, d\, s'' \quad . \quad . \quad . \quad (37b),$$

was bei Vernachlässigung von x wiederum Gl. (31a) ergibt. Dazu kommt noch die Beziehung

$$G'\, v' + G''\, v'' = V = \text{konst} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (38)$$

oder

$$G'\left(v' + v''\, \frac{x}{1-x}\right) = V = \text{konst} \quad . \quad . \quad . \quad (38a).$$

Dabei ist x eine veränderliche Größe.

Gl. (37b) kann schrittweise integriert werden, indem man den ganzen Druckbereich zwischen p_a und p_e durch Annahme von Zwischendrücken p_1, p_2, p_3, ..., p_n in einzelne Druckbereiche $p_a - p_1$, $p_1 - p_2$, $p_2 - p_3$, ..., $p_n - p_e$ zerlegt. Für den ersten Druckbereich gilt

$$\left(\frac{r}{T}\right)_{a,1} \frac{\Delta\, G'_{a,1}}{G_a'} = \Delta\, s'_{a,1} + \frac{x_a}{1 - x_a}\, \Delta\, s''_{a,1} \quad . \quad . \quad (39)$$

und

$$V = G_a'\, v_a' + G_a''\, v_a'' = G_1'\, v_1' + G_1''\, v_1'' \quad . \quad . \quad (40).$$

Aus Gl. (39) ermittelt man $\Delta\, G'_{a,1}$ und, da G_a' und G_a'' gegeben sind, mittels Gl. (40) G_1''. Dann ist

$$\Delta\, G_{a,1} = (G_a' + G_a'') - (G_1' + G_1'') \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

die zwischen p_a und p_1 im ganzen entnommene Dampfmenge.

Ebenso kann man für den zweiten Teilbereich setzen

$$\left(\frac{r}{T}\right)_{1,2} \frac{\Delta\, G'_{1,2}}{G_1'} = \Delta\, s'_{1,2} + \frac{x_1}{1 - x_1}\, \Delta\, s''_{1,2} \quad . \quad . \quad (39a),$$

woraus man $\Delta\, G_2'$ bestimmt, und

$$V = G_2'\, v_2' + G_2''\, v_2'' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40a),$$

woraus man G_2'' und damit

$$\Delta\, G_{1,2} = (G_1' + G_1'') - (G_2' + G_2'') \quad . \quad . \quad . \quad (41a)$$

berechnet.

So ermittelt man schrittweise die jeweils im Speicher vorhandenen Gewichte G' und G'' und damit die entnommene Gesamtdampfmenge. Die Genauigkeit dieses Differenzenverfahrens kann man beliebig weit treiben; allerdings weist $\Delta\, s'$ bei Drücken über 60 at, soweit man den Dampftafeln bis jetzt entnehmen kann, geringfügige Unstetigkeiten auf.

Befindet sich der Stoff im Speicher ursprünglich im kritischen Zustand, so findet beim Entladen zunächst eine homogene Mengenzustandsänderung statt, d. h. der Stoff expandiert im Speicher adiabatisch. Erst wenn sich genügend Feuchtigkeit abscheidet, wird der Ausströmvorgang inhomogen.

Bei einem Speicher von $V = 1\ m^3$ Gesamtinhalt sei am Anfang $\varepsilon_a = 0{,}1$, mithin $V_a'' = 0{,}1$ und $V_a' = 0{,}9$. Hierbei sei der Druck $p_a = 100$ at; dann ist nach Gl. (27) $x_a = 0{,}0089$, also sehr klein, weil eben der Speicher überwiegend mit Wasser gefüllt ist. Trotzdem ist der Einfluß des Dampfraumes im höheren Druckbereich nicht verschwindend. Zwischen $p_a = 100$ at und $p_1 = 95$ at ist

$$\left(\frac{r}{T}\right)_{a,1} = 0{,}543.$$

Nun ist

$$G_a' = \frac{V_a'}{v_a'} = V_a'\, \gamma_a' = 0{,}9 \quad 685 = 616{,}5$$

$$G_a'' = \frac{V_a''}{v_a''} = V_a''\, \gamma_a'' = 0{,}1 \cdot 55{,}1 = \quad 5{,}51$$

somit $\qquad G_a = 622{,}01.$

[8] Vergl. Zeuner, Techn. Thermodynamik, Bd. II, Zerkowitz, Bd. 68 (1924) S. 150 und „Hütte" Bd. I 25. Aufl. S. 500.

Aus Gl. (39) ergibt sich

$$\Delta G'_{a,1} = 9{,}01,$$

daher

$$G_1' = 616{,}5 - 9{,}01 = 607{,}49$$

und

$$V_1' = \frac{G_1'}{\gamma_1'} = \frac{607{,}49}{693} = 0{,}877.$$

Es verbleibt für den Dampf $V_1'' = 0{,}123$, daher ist $G_1'' = V_1''\gamma_1'' = 0{,}123 \cdot 51{,}73 = 6{,}36$.

Im ganzen ist also bei 95 at das Gewicht $G_1 = G_1' + G_1'' = 613{,}85$ vorhanden. Die gesamte Entnahme beträgt 8,16 kg gegenüber rd. 9,08 kg bei Vernachlässigung des Dampfraumes, also um etwa 10 vH weniger. Sobald man in den Bereich niedrigerer Drücke gelangt, macht sich jedoch der Einfluß des Dampfraumes immer weniger gelte Zwischen 100 und 50 at kann bei $\varepsilon_a = 0{,}1$ im ganzen Dampfgewicht von 86,3 kg entnommen werden; bezo auf 1 m³ Wasser beträgt die Entnahme 96 kg. Der E fluß des Dampfraumes beträgt nur mehr 4 vH. Unter 3 Höchstdruck (Aufladedruck) bleibt der Einfluß des Dan raumes für $\varepsilon_a = 0{,}1$ unter 1,5 vH[9]). Das vorstehe schrittweise vorgehende Verfahren setzt voraus, daß s die Vorgänge im Speicher im thermodynamischen Glei gewicht vollziehen und daß die an die Umgebung ab gebene Wärme vernachlässigt werden darf. [B 109

[9]) Eine sehr gute Annäherung erhält man übrigens, wie Kn in einer (unveröffentlichten) Dresdner Dissertation gezeigt hat, in man für den Wasserraum Gl. (31a) verwendet, obwohl sie nicht st gültig ist, und den Einfluß des Dampfraumes für sich betrachtet.

Festigkeitsuntersuchungen zur Normung der Stahl-Aluminium-Seile[1])

Durch Versuche mit Stahl-Aluminium-Seilen, die zur Normung der Seile notwendig waren, sind sowohl die günstigsten Seilkonstruktionen ermittelt, als auch Richtlinien für die Zug- und Durchhangsberechnungen ausgearbeitet worden. Der Verband Deutscher Elektrotechniker hatte diese Arbeiten drei Firmen:

1. Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft (AEG),
2. Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G.,
3. Siemens-Schuckert-Werke (SSW),

übertragen. Ziel der Versuche war, die Elastizitätsmaß- und Bruchlast-Verhältnisse der Seile, die Wärmedehnungszahlen und die Spannungsverhältnisse einwandfrei festzustellen und rechnerisch zu klären. Damit wurden auch alle die Unterlagen gewonnen, die die günstigsten Querschnittverhältnisse für Stahl-Aluminium-Seile bestimmten.

Bei der Normung ging man zunächst davon aus, die Aluminiumquerschnitte den genormten Kupferseilen gleichwertig zu machen. Da die Leitfähigkeit des Aluminiums etwa 56 bis 58 vH von der des Kupfers beträgt, so sind die Aluminium-Querschnitte 1,74 bis 1,8mal so groß wie die Kupferquerschnitte. Der Stahlquerschnitt wurde zuletzt so gewählt, daß das Stahl-Aluminium-Seil bei höchster zulässiger Belastung des Aluminiums gerade noch die vorgeschriebene Sicherheit gegen Bruch hat. Eine von den SSW unter dieser Bedingung durchgeführte Berechnung führte zu einem Querschnittverhältnis von 1 : 6.

Wichtig für die Festigkeitsberechnungen ist die durch die Versuche bestätigte Tatsache, daß bei richtiger Seilkonstruktion immer genügend Radialdruck und Reibung zwischen den Drahtlagen des um den Stahlkern herumgeschlagenen Aluminiumseiles und den Stahldrahtlagen herrscht, um ein Verrutschen gegeneinander zu verhindern. Infolgedessen ist ein Stahl-Aluminium-Seil als ein einheitliches Seil zu betrachten und nicht als ein Stahlkern mit einem lose herumgelegten Aluminiumrohrseil.

Zur zahlenmäßigen Durchführung der entwickelten Berechnungsarten sowie zur Nachprüfung mußten durch Versuche ermittelt werden:

1. die Elastizitätsmaße und Bruchlasten der Seile und der Stahlseelen,
2. die gleichen Werte für die zu den Seilen verwendeten Drähte,
3. die Wärmedehnungszahlen der Seile und
4. die Durchhänge der Seile bei verschiedenen Temperaturen und Spannungen.

Versuche zu 1. und 2. wurden vom staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, unter Beisein von Vertretern der AEG und der SSW durchgeführt, während Ausspannversuche zu 1., 3. und 4. im Carlswerk der Firma Felten & Guilleaume, Carlswerk, A.-G., Köln-Mülheim, ausgeführt wurden. Zu allen Versuchen machte man Parallelversuche mit Hartkupferseilen, um festzustellen, ob sich die Stahl-Aluminium-Seile bei mechanischen Beanspruchungen wesentlich anders verhalten als die nur aus einem Baustoff bestehenden Seile.

Die Prüfungen zu 1. und 2. wurden auf einer 10 t-Zerreißmaschine vorgenommen, und zwar sowohl an Seilen als auch an den einzelnen Drähten. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen sei erwähnt, daß die Seilbruchlast bei Kupferseilen rd. 97 vH der Einzelbruchlasten, bei Sta Aluminium-Seilen rd. 87 vH, bei den Stahlseilen allein 97 vH beträgt. Die weniger gute Ausnutzung der Dra festigkeit in den Stahl-Aluminium-Seilen ist darauf zurü zuführen, daß die Aluminiumdrähte infolge ihrer geringe Bruchdehnung stets vor den Stahldrähten reißen, so d im Augenblick des Bruches und der höchsten Last Festigkeit der Stahlseelen noch nicht voll zur Wirkung kommen ist.

Des weiteren wurde festgestellt:

1. Elastizitätsmaß der Stahl-Aluminium-Seile . . . . 7 270 kg/m
2. Elastizitätsmaß der Stahldrähte allein 19 960 „
3. Elastizitätsmaß der Aluminiumdrähte allein . . . . 6 790 „
4. Elastizitätsmaß der Stahlseelen . 18 580 „
5. Elastizitätsmaß der Aluminiummäntel 5 340 „
6. Verhältnis des Elastizitätsmaßes der Stahlseelen zu denen der Stahldrähte $\frac{18\,580}{19\,960} = 0{,}9$
7. Verhältnis des Elastizitätsmaßes des Aluminiummantels zu dem der Aluminiumdrähte . . . . $\frac{5\,340}{6\,790} = 0{,}7$

Die Ausspannversuche wurden in einer besonderen V suchseinrichtung durchgeführt, in der an einem etwa 10 langen aufgehängten Seil bei veränderlicher Spannwe Spannung und Durchhang gemessen werden konnten.

Mit Hilfe der Durchhangformel für ausgespannte Se wurde zunächst das Elastizitätsmaß mit 7500 kg/mm² mittelt. Bei den ersten Versuchen zeigte sich, daß, um e wandfreie Ergebnisse zu erhalten, zunächst der Fabrikatio reck[2]) entfernt werden muß. Erst danach waren die Seile v kommen elastisch, d. h. sie ließen sich wieder in den A fangzustand zurückführen. Das Elastizitätsmaß bleibt a bei Temperaturen bis zu 60° unverändert.

Ein bedeutsames Ergebnis der Ausspannversuche w die Feststellung der elastischen Nachwirkungen. Wird d Seil in einen andern Gleichgewichtzustand gebracht, z. durch Vergrößerung der Spannweite, so wird der ne Gleichgewichtzustand nicht sofort, sondern erst na Stunden (im Mittel rd. 12 h) erreicht; d. h., der sich u mittelbar nach Vergrößerung der Spannweite einstellen kleinere Durchhang ändert sich, wird größer.

Der Wärmedehnungsbeiwert wurde bei gleichbleiben Spannweite und verschiedenen Temperaturen gemess wobei der elektrische Strom als Wärmequelle diente. A Mittelwert ergab sich für die Stahl-Aluminium-Se $19{,}18 \cdot 10^{-6}$ und für die Kupferseile $17{,}4 \cdot 10^{-6}$; für d Aluminiummäntel allein erhielt man $23{,}51 \cdot 10^{-6}$. Zule wurde mit Hilfe der Ausspannversuche die Formel zur B rechnung des Durchhanges geprüft und zwischen den bere neten und gemessenen Werten gute Übereinstimmung g funden. [N 180]

Köln-Mülheim

Dr.-Ing. G. Berling und Ing. W. Rößler

[1]) Auszug aus Heft 293 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingeneure.

[2]) In den Verseilmaschinen ist die Ausziehkraft nicht größer, sie zur Herstellung des Seiles notwendig ist. Die Seildrähte erhal elastische Krümmungen und Lagen, die noch nicht den praktisc Belastungsverhältnissen entsprechen. Als „Fabrikationsrec wird die bleibende Dehnung bezeichnet, die sich zuerst bei größe zulässigen Dauerbelastungen ergibt, bis das Seil gut ausgereckt ist, elastischen Nachwirkungen zur Ruhe gekommen sind und alle Drä eine natürliche und bleibende Lage eingenommen haben.

Die Werkzeugmaschinen auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1927

Von Hans Häneke, Berlin

(Schluß von S. 822)

Drehen

Die Ausbildung der normalen Drehbank, die den unntbehrlichen Grundstock jeder mechanischen Werkstatt ildet, hat einen Stand erreicht, der wohl vorderhand ls abgeschlossen bezeichnet werden kann. Neuerungen eigen sich an Sonderkonstruktionen für bestimmte wecke und besonders in der Ausbildung der Werkzeugräger. Das Vielstahlwerkzeug hat außerordentlich stark n Boden gewonnen. Von ausgesprochenen Vielstahl-)rehbänken ist die Neukonstruktion einer Fertigrehbank von Gebr. Heinemann, St. Georgen, erwähnensert. Ihr Verwendungszweck ist in der Hauptsache das 'ertigbearbeiten abgesetzter Wellen bis zu 300 oder 00 mm Länge mit bestimmter Genauigkeit. Alfred I. Schütte und Ludw. Loewe & Co. bringen halbselbstätige Vielstahlbänke, bei denen die Bewegungen des ängssupportes und des Plansupportes voneinander unbhängig und beliebig miteinander gleichzeitig anwendar sind. Die Stahlhalter sind kräftig gehalten, die 'ührungsflächen verfügen über eine große tragende änge, so daß auch bei beträchtlichem Schnittdruck die 'lächenpressung gering ist.

Eine Schnelldrehbank der Wotan-Werke, Leipzig, hat ır besonderes Merkmal darin, daß zum Gewindechneiden nicht mehr Wechselräder aufzustecken ind; die. Übersetzungen sind in einen Nortonkasten vergt; bei den verschiedenen Hebelstellungen kann man 50 Gewinde schneiden, ohne daß man ein einziges Rad uszuwechseln braucht. Zum Antrieb dient ein Flanschıotor; Lang- und Plansupport sind mit Vielstahlhaltern usgerüstet; beim Anschlagdrehen leistet das Lieferwerk ewähr für eine Genauigkeit von 0,01 mm.

Unter den Automaten fiel besonders der Senkechtautomat von Gildemeister & Co., Bielefeld, Abb. 20, uf, der einen neuen Weg zeigt. Bearbeitet werden Gußder Preßstücke bis 150 mm Dmr.; die Bauart lehnt sich n die Karusselldrehbänke an. Das Werkstück wird von inem Futter aufgenommen und erhält die Drehbewegung;

Abb. 20. Senkrechtautomat mit fünf Spindeln von Gildemeister & Co., Bielefeld.

Drehdurchmesser 150 mm, Schnittgeschwindigkeit bei Bearbeitung von Gußeisen 42 m/min

Abb. 21
Automat zur Massenherstellung von Steckerstiften u. ä. von Georg Wuttig, Dresden

a Richtrollen
b Abschneiden mit Säge
c Spannkopf
d Ansenken
e Ansatzfräser mit Rohrfräser
f Bohren
g Querloch bohren
h Aussenken des Querloches
i Stirnflächen nachdrehen, Nut einstechen, Innengewinde schneiden

die Anordnung der einzelnen Futter in einem Rundtisch ermöglicht, das Werkstück nacheinander von fünf verschiedenen Werkzeuggruppen bearbeiten zu lassen. Die gleiche Firma hat ihren Sechsspindelautomaten neu durchgearbeitet, um ihm eine noch höhere Leistungsfähigkeit bei größerer Schnittgeschwindigkeit zu geben.

Abb. 21 zeigt einen Automaten von Wuttig, Dresden, zur Herstellung kleinerer Schalterstifte u. ä., die in der Elektrotechnik gebraucht werden. Das Werkstück durchläuft auf dem Rundtisch bis zu zehn verschiedene Arbeitstellungen; die einzelnen Werkzeuge werden je durch einen eigenen Motor angetrieben. Das Bohren und Gewindeschneiden quer zur Achse machte bei der Konstruktion besondere Schwierigkeiten, die jedoch zufriedenstellend gelöst sind.

Die Index-Werke Hahn & Kolb, Eßlingen, haben eine Neukonstruktion ihres Indexautomaten für 20 mm Durchgang herausgebracht, die sich im wesentlichen an die bekannten Konstruktionen[8]) anlehnt. Zu beachten ist die von vornherein beim Entwurf vorgesehene Möglichkeit, verschiedenartige Hilfswerkzeuge anzubringen, die sich der Konstruktion der Maschine einfügen und bei ihrer Arbeit einander nicht behindern. Eine Schnellbohreinrichtung gestattet, den Bohrer mit bis zu 20 000 Uml./min laufen zu lassen. Ein Spänetransportband dient bei Bearbeitung eines Werkstoffes, der kurze Späne ergibt, der selbsttätigen Abführung des Abfalles; eine Klappe, die sich kurz vor Beendigung des Abstechganges öffnet, trennt Späne und fertige Werkstücke.

Die halbselbsttätigen Revolverdrehbänke von Pittler zeigen besonders starre und kräftige Bauart und ermöglichen, die Leistungsfähigkeit des Werkzeuges voll auszunutzen und z. B. Messing mit einer Schnittgeschwindigkeit bis zu 120 m/min zu bearbeiten.

Von Sondermaschinen sind die Radsatzdrehbänke der Firma Hegenscheidt, Ratibor, mit eigenen Motoren für die Schaltbewegungen und die schwereren Bänke der Maschinenfabrik „Deutschland", Dortmund, zu nennen, die die Bearbeitungzeit für das Abdrehen hartgelaufener Radsätze erheblich abkürzen lassen. Durch ihre Abmessungen fiel eine von den Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken, Hannover-Hainholz, für die Reichsbahn gebaute Maschine auf, die zum Drehen und mit zusätzlicher Schleifausrüstung zum Schleifen der Achsschenkel großer Bahnmotoren dient.

Bohren

Bei den Bohrmaschinen hat die Firma Wesselmann-Bohrer-Co., Gera-Zwötzen, das Ölgetriebe wohl erstmalig für eine Bohrpresse angewandt. Die gleiche Firma hatte eine zweite Bohrpresse mit besonders hohen Drehzahlen für die Bearbeitung von Leichtmetallen ausgestellt. Kle Tischbohrmaschinen mit Drehzahlen bis 25 000 Uml./m die zum vollen Ausnutzen der für die Leichtmetallbearb tung zulässigen Schnittgeschwindigkeiten dienen, wurd auch noch von verschiedenen andern Firmen gezeigt. Konstruktionen der Vielspindel-Bohrmaschinen, die sonders von den Hille-Werken, Habersang & Zinzen u Boley, Eßlingen, gebaut waren, entsprechen, soweit s auf der Messe feststellen ließ, in allen wesentlichen Pu ten den bereits bekannten Ausführungen[9]).

Von Ausleger-(Radial-)Bohrmaschin brachte wiederum die Raboma neue Ausführungen. Durchbildung des Getriebes und die Verwendung härteter Zahnräder aus Chromnickelstahl ermöglichen e bedeutend höhere Beanspruchung des Getriebes als so üblich und machen die Maschine auch gegen starke lastungsstöße fast völlig unempfindlich. Der Motor, nach wie vor bei den deutschen Konstruktionen als Se rechtmotor auf dem Ausleger angebracht ist, hat erhebl stärkere Leistung bekommen, die bis zu dem Dreifach der in den letzten Jahren herausgebrachten Konstruktion beträgt. Die in Amerika übliche Bauart, wobei man Motor auf der dem Ausleger gegenüberliegenden Seite Säule mit wagerechter Welle einbaut, wurde hauptsächl mit der Begründung verteidigt, daß hierbei die Anw dung stärkerer Motoren als bei der deutschen Bau möglich sei. Die Raboma hat gezeigt, daß sie auch ihrer Bauart gleichstarke Motoren benutzen kann, o daß schädliche Erzitterungen der Bohrspindel bemerkl werden. Die Rheinische Bohrmaschinenfabrik, Neuhü Meckernich, hat infolge eigenartiger Ausführung des A legers erreicht, daß die Bohrspindel nicht wie bei den so bekannten Bauarten seitlich am Ausleger läuft, sond daß der Bohrdruck in die Mitte des Auslegers verlegt

Unter den Wagerecht-Bohr- und -Frä werken ist vor allen Dingen die riesige Zylind ausbohrmaschine der Firma Schieß-Defries A.-G., Düs dorf, zu nennen, die in der Werkzeugmaschinenh durch ihre gewaltigen Ausmaße besondere Aufmerksa keit auf sich zog. Die Länge der Bohrstange betr 12 000 mm, der größte zu bearbeitende Bohrdurchmes 4000 mm. Beim Flanschdrehen kann die Maschine We stücke bis zu 5500 mm Dmr. bearbeiten. Die ausgeste Maschine war für eine Schweizer Firma bestimmt; e gleiche Maschine und eine weitere ähnliche wurden Firma zur Lieferung nach den Vereinigten Staaten Auftrag gegeben.

Auch bei den Wagerechtbohrwerken normaler messungen kommt der Flanschmotor zum unmittelba

[8]) Z. Bd. 69 (1926) S. 234.

[9]) Vgl. u. a. „Werkstattstechnik", Sonderheft zur Leipziger Her messe 1925, S. 20.

Abb. 22 und 23
Gegenüberstellung des Kraftflusses bei Einzelantrieb und Flanschmotorantrieb bei einem Wagerecht-Bohrwerk
(K. Wetzel, Gera)

RZ 356 Z 22

RZ 356 Z 23

Abb. 24
Schema einer neigbaren Exzenterpresse mit Druckluft-Ziehvorrichtung

Einzelantrieb mehr und mehr in Anwendung. Abb. 22 und 23 enthalten eine Gegenüberstellung des Kraftflusses beim früher üblichen Einscheibenantrieb und jetzt angewandten Flanschmotorantrieb an einem Bohrwerk von K. Wetzel, Gera.

Hobeln

Auf dem Gebiet der Hobelmaschinen war wenig Neues zu sehen. Die Einständer-Hobelmaschinen von Billeter & Klunz in Aschersleben, Waldrich in Siegen, P. Blell in Zeulenroda, Gebr. Böhringer in Göppingen, zeigen durchweg in ähnlicher Form die Ausbildung des Auslegers als Körper gleicher Festigkeit; die breiten Auflagerflächen am Ständer gewährleisten das erschütterungsfreie Arbeiten der Maschine auch beim stärksten Schnittdruck.

Spanlose Formung

Die wichtigste Neuerung war die Anwendung der Druckluft-Ziehvorrichtung[10]), die von der Firma L. Schuler A.-G., Göppingen, in ihre Pressen eingebaut wird. Abb. 24 zeigt das Schema einer leicht neigbaren Exzenterpresse mit einem solchen pneumatischen Ziehapparat. Das Hauptmerkmal liegt darin, daß an Stelle der Feder oder des Gummipuffers zur Erzeugung des Druckes Druckluft verwendet wird. Abb. 24 zeigt die Ausführung mit feststehendem Kolben und beweglichem Zylinder; statt dessen kann auch der Zylinder feststehend und der Kolben beweglich angeordnet werden. In erster Linie wird der Nachteil des während des Ziehvorganges anwachsenden Blechhalterdruckes behoben; infolgedessen besteht praktisch keine Begrenzung der Ziehtiefe, soweit die Festigkeitseigenschaften des Bleches ausreichen.

Die Firma Schulze & Naumann, Köthen, zeigte wiederum ihre Blechschere mit Kreismesser, die besonders für lange Schnitte von Vorteil ist[11]).

Eine gewaltige Knüppelschere zum Abschneiden von Querschnitten bis 180 × 180 mm zeigte die Berlin-Erfurter Maschinenfabrik Henry Pels & Co. Als Neuheit hat die Maschine ein Wechselrädervorgelege, das die Einstellung zweier verschiedener Hubzahlen bei gleichbleibender Umlaufzahl der Schwungwelle gestattet. Abb. 25 zeigt eine Presse zur Herstellung von Tragfederblättern für Bahnwagen-, Kraftfahrzeug-, Lokomotivfedern usw. in kaltem Zustande. Um jeden Werkzeugwechsel zu vermeiden, hat man fünf Werkzeuge nebeneinander angeordnet,

[10]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 298.
[11]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 265 und 335.

die folgenden Zwecken dienen: a) Ablängen der Federblätter, b) Stanzen der Rundlöcher, c) Formen der Enden, d) Stanzen der ovalen Löcher, e) Einpressen der Warze.

Schmiedehämmer waren in großer Zahl ausgestellt. Die Firma Bêché & Groß, Hückeswagen (Rhld.), zeigte einen Aufwurfhammer. Die Aufwurfenergie wird dem Bär auf etwa ¼ seines Hubes erteilt. Den übrigen Weg legt er, durch die Anfangsenergie hochgeworfen, freibleibend zurück. Bevor der Bär wieder auftrifft, ist das Aufwurfgestänge verschwunden. Die Schlagzahl dieses Hammers ist größer als die aller bisherigen Konstruktionen. Platzersparnis, Betriebsicherheit und Einfachheit der Wirkungsweise sind die Hauptvorteile.

Drucklufthämmer wurden in größten Abmessungen bis zu 2000 kg Fallgewicht (EUMUCO, Schlebusch-Manfort) gezeigt. Die Fortschritte in der Konstruktion führen dazu, daß die Steuerbarkeit dieser Hämmer immer feinfühliger wird, so daß u. a. auch der zum Breiten von Sensen nötige leichte und elastische Schlag, der bisher nur von dem Schwanzhammer mit Eichenholzstiel erzielt wurde, vom Lufthammer gegeben werden kann. Eine diesem Zweck dienende Sonderausführung zeigten Bêché & Groß.

Holzbearbeitung

Beim Bau von Holzbearbeitungsmaschinen machen sich in der Hauptsache zwei Entwicklungsrichtungen geltend: Einbau elektrischer Einzelantriebe und Erzielung höherer Vorschub- und Schnittgeschwindigkeit. Der elektrische Einzelantrieb hat im letzten Jahre erhebliche Fortschritte gemacht und ist aus dem Versuchzustand herausgekommen. Die Schwierigkeiten bestanden in der Hauptsache darin, daß die Drehzahl des hauptsächlich zu verwendenden Drehstrommotors der Umlaufgeschwindigkeit des Werkzeuges angepaßt werden mußte. Zur Lösung der Aufgabe führen zwei verschiedene Wege: Wenn das Werkzeug starr mit der Motorwelle gekuppelt ist, können höhere Motordrehzahlen durch Einbau eines Periodenumformers erreicht werden[12]). Der Periodenumformer, der die ganze Tischlerwerkstätte bedient, gibt die Möglichkeit, statt mit der normalen Frequenz von 50 Per./s mit einer solchen von 75 Per./s, entsprechend einer höchsten Motordrehzahl von rd. 4300 Uml./min, oder

[12]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 5 (1926) S. 983.

Abb. 25
Presse für Blattfedern der Erfurter Maschinenfabrik Henry Pels & Co., Erfurt

Abb. 26
Große Elektro-Zapfenschneid- und Schlitzmaschine mit Abkürzkreissäge und Schlitzwelle sowie sechs eingebauten Motoren von Teichert & Sohn

Abb. 27
Zapfenschneid- und Schlitzmaschine von Böttcher & Geßner, Altona, mit nur einem Senkrechtmotor; Antrieb der Arbeitswellen durch Kegelradgetriebe

mit 100 Per./s, entsprechend rd. 5800 Uml./min, zu arbeiten. Dieser Weg ist besonders bei den Maschinen von Teichert & Sohn, Liegnitz, gewählt.

Bei Anwendung der normalen Frequenz hilft man sich z. B. bei Hobelmaschinen durch Benutzung von Motorwellen mit größerem Durchmesser und einer größeren Schneidenzahl, so daß die Anzahl der minutlich zum Schnitt kommenden Schneiden annähernd gleich bleibt oder gesteigert wird.

Den andren Weg, bei Verwendung eines normalen Motors und einer normalen Messerwelle auf die den Holzbearbeitungsmaschinen angepaßte Drehzahl von 4000 bis 6000 Uml./min zu kommen, gibt die Verwendung von Zahnradgetrieben. Diese Antriebart, und zw unter Verwendung von Kegelrädern, ist besonders von d Firma Böttcher & Geßner, Altona, ausgebildet worde Die Erfahrungen, die diese Firma auf dem Gebiete d Zahnradherstellung hat[13]), haben hier praktische Verwe dung gefunden und haben zu zweckmäßigen Lösung der Aufgabe geführt. Von besonderem Vorteil ist die

[13]) Vergl. Anm. 5 S. 821.

Abb. 28 und 29
Sägegatter von F. W. Hofmann, Breslau.

a Führungen *b* Einstellschrauben für die Führung *c* Zahnstangen für die Kletterdruckwalzen *d* Gummipuffer
e Kettenräder für den Vorschubwalzenantrieb Blattfeder zum Anpressen des Kettenrades *g* Kettenspannrolle

Antriebart für Maschinen, die mit einer größeren Zahl von Werkzeugen arbeiten, z. B. für Zapfenschneid- und Schlitzmaschinen und für mehrseitige Hobelmaschinen.

Abb. 26 und 27 zeigen eine Gegenüberstellung der beiden Wege. Bei der Maschine von Teichert & Sohn, Liegnitz, Abb. 26, hat jedes Werkzeug seinen eigenen Motor; für die sechs Werkzeuge sind also sechs Motoren erforderlich. Die zweite Maschine, von Böttcher & Geßner, Altona, Abb. 27, hat nur einen Motor mit durchlaufender senkrechter Welle, von der durch Kegelradgetriebe die Bewegungen der einzelnen Werkzeuge abgeleitet werden. Die Verwendung der Kegelräder gestattet außerdem eine weitere Anpassung der Drehzahl an den Verwendungszweck.

Bei allen Holzbearbeitungsmaschinen, besonders bei Hobelmaschinen, wird auf Erhöhung des Vorschubes Wert gelegt. Um hier den Anforderungen des Betriebes entgegenkommen zu können, hat man verschiedentlich ein Vorgelege eingebaut, das drei verschiedene Vorschubgeschwindigkeiten ermöglicht (z. B. F. Fikentscher, Leipzig-Mockau).

Auch bei den Bandsägen sucht man größere Arbeitgeschwindigkeiten zu erzielen; hier liegen jedoch die Hauptschwierigkeiten darin, daß zur Zeit in Deutschland nur ausnahmsweise Sägeblätter zu erhalten sind, die den Anforderungen einer höheren Schnittgeschwindigkeit entsprechen.

Ein Beispiel für ein modernes leistungsfähiges Sägegatter geben Abb. 28 und 29 (F. W. Hofmann, Breslau). Die Führungen liegen außen und sind leicht zugänglich, gegen Sägespäne geschützt und leicht nachstellbar. Die Kletter-Druckwalzen sind ungewöhnlich groß, um Unebenheiten und auch größere Äste leicht zu überwinden. Die Handgriffe sind von einer Stelle aus bedienbar, ohne daß der Bedienungsmann sich zu bücken braucht. Die Haupttriebwerkteile, Hauptlager, Hauptwelle und Grundplatte sind wesentlich stärker als bei früheren Konstruktionen ausgebildet, und genügen einem Vielfachen der bei älteren Gattern zulässigen Beanspruchung. Um bei etwaigen Störungen sofort eingreifen zu können, sind die Vorschubklinken sofort ausrückbar; auch für Rücklauf des Gatters ist Sorge getragen. [B 356]

Neuzeitliche Schmiertechnik[1])

Von Obering. E. Falz, Hannover

Aus dem großen Gebiete der neuzeitlichen wissenschaftlichen Schmiertechnik, wie sie der Verfasser in seinem Buch „Grundzüge der Schmiertechnik“[2]) darlegt, seien nachstehend die wichtigsten Punkte herausgegriffen.

Die Reibungsarten

Nach der heute vorherrschenden Erkenntnis unterscheidet man trockne, halbtrockne, halbflüssige und flüssige Reibung.

Unter trockner Reibung versteht man die gleitende Reibung zweier ungeschmierter, d. h. trockner Flächen, die sich unter erheblichem Widerstand aufeinander verschieben, wobei in mehr oder weniger starkem Maße das bekannte Fressen auftritt.

Unter halbtrockner Reibung versteht man die gleitende Reibung zweier geölter, eingefetteter oder überhaupt durch Flüssigkeit benetzter Flächen, die unter unmittelbarer Berührung aufeinander gleiten. Diese Reibungsform entspricht z. B. dem Anfahrzustand bei Gleitlagern und bei sonstigen Gleitflächen, stellt somit den technisch ungünstigsten Zustand der gleitenden Reibung dar.

Grundsätzlich verschieden von der trocknen und halbtrocknen ist die sogenannte flüssige Reibung, bei der eine unmittelbare Berührung beider Gleitflächen überhaupt nicht stattfindet, indem der gleitende Körper auf einer an den Gleitflächen haftenden Flüssigkeitschicht schwimmt. Kennzeichen der flüssigen Reibung ist, daß der Reibungswiderstand nur aus dem Verschiebungswiderstand der Flüssigkeitsteilchen, d. h. aus der Überwindung der Schubfestigkeit der Flüssigkeit, besteht.

Halbflüssige Reibung liegt schließlich vor, wenn die Flüssigkeitschicht an einigen Stellen durchbrochen ist und damit teilweise unmittelbare Berührung der Gleitflächen stattfindet. Halbflüssige Reibung setzt sich somit aus flüssiger und halbtrockner Reibung zusammen.

Das Wesen der flüssigen Reibung. Die Schmierung bei flüssiger Reibung wird als „vollkommene Schmierung“ bezeichnet, da Verschleiß dabei nicht auftritt. Sie erfolgt nach dem Grundsatz des „dynamischen Schwimmens“, auf dem z. B. auch die Wirkung der Gleitboote beruht: Der Gleitkörper wird an dem vorauseilenden Ende mit einer ganz flachen Keilfläche versehen, wodurch infolge der Bewegungsgeschwindigkeit und der Zähigkeit der Schmierflüssigkeit in dem sich verjüngenden Flüssigkeitsquerschnitt eine so große Drucksteigerung auftritt, daß sich der Gleitschuh mit der auf ihm ruhenden Belastung von der Gleitfläche abhebt und auf der Schmierschicht schwimmend erhält. Je größer die Gleitgeschwindigkeit und je zäher, d. h. je dickflüssiger das Schmiermittel, um so sicherer ist dieser Vorgang erreichbar.

Praktische Erfolge. Beim Ersetzen der halbflüssigen durch flüssige Reibung handelt es sich nicht etwa um eine geringfügige Verbesserung, sondern um ganz erhebliche Vorteile. Die früher üblichen, als Kammlager ausgebildeten Axialdrucklager mit 4, 6, 8 oder mehr ringförmigen Druckscheiben konnten erfahrungsgemäß nur mit etwa 3 bis 6 kg/cm² belastet werden; sie erwärmten sich dabei trotz reichlicher Schmierung bereits erheblich, so daß Wasserkühlung unerläßlich war, und ergaben über lang oder kurz einen recht erheblichen Verschleiß. Neue sogenannte Einscheiben-Drucklager ergeben bei gleicher Tragfähigkeit eine viel geringere Baulänge, bedürfen in der Regel keiner Wasserkühlung und zeigen selbst nach jahrelangem Betriebe keinen Verschleiß. Ihre normale Belastung beträgt etwa 30 kg/cm², doch kann ein solches Lager im Notfall auch ohne Schaden 300 kg/cm² aufnehmen.

Querlager

Auch bei zylindrischen Tragflächen, d. h. bei Querlagern oder Traglagern, ist vollkommene Schmierung nur bei keilförmiger Schmierschicht erreichbar. Die Keilform der Schmierschicht wird hier in einfachster Weise dadurch erzielt, daß man den Zapfendurchmesser um einen gewissen Betrag kleiner hält, als die Lagerbohrung, wobei als Lagerspiel in den meisten Fällen Laufsitzpassung zweckmäßig ist. Bei Lagern für Drehbewegung mit auf die Welle auftuschierter Lagerschale ist vollkommene Schmierung und verschleißloser Betrieb nicht zu erreichen.

Eine äußerst wichtige Forderung ist bei Gleitlagern ferner die allseitige freie Einstellbarkeit der Lagerschale nach der Längsachse der Welle. Starre Lager, wie sie früher allgemein üblich waren, werden immer erhöhte Kantenpressungen und damit halbflüssige Reibung ergeben, da jede Welle sich im Betrieb mehr oder weniger stark durchbiegt. Die Schiefstellung infolge der Verbiegung der Welle ist meistens sehr beträchtlich und erfordert freie Einstellbarkeit der Lagerschale, ähnlich wie bei den Sellers-Lagern.

In allen jenen Fällen, in denen sich die Anwendung einstellbarer Lagerschalen konstruktiv nicht durchführen läßt, muß danach getrachtet werden, dicke Wellen und kurze Lager zu verwenden, um die absoluten Beträge der Durchbiegung möglichst klein zu halten und die Mängel des starren Lagers dadurch wenigstens soweit wie möglich zu mildern.

Die Schmiernuten. Auf Grund theoretischer Erwägungen und praktischer Versuche steht einwandfrei fest, daß Nuten irgendwelcher Art in der belasteten Lagerschale für das Erreichen einer zuverlässigen Schmierung bei umlaufenden Zapfen ausgesprochen schädlich sind; sie können die Tragfähigkeit des Lagers sehr beträchtlich herabziehen. Eine richtige und vollkommene Verteilung des dem Lager zugeführten Schmiermittels kann einzig und allein durch den Zapfen selbst erfolgen, indem er das Schmiermittel durch die Drehbewegung in den durch das Lagerspiel gegebenen Keilraum zwischen Zapfen und Lagerschale hineinzieht und dadurch zum Abheben des Zapfens von der Lagerschalen-Lauffläche führt. Jeder Verbesserungsversuch wirkt dabei nur störend[3]).

[1]) Auszug aus dem Aufsatz „Die Kernpunkte der wissenschaftlichen Schmiertechnik“ des gleichen Verfassers, „Maschinenbau“ Bd. 6 (1927) S. 213 und Hinweise auf die übrigen einschlägigen Arbeiten in „Maschinenbau“ Heft 5.

[2]) Berlin 1926, Julius Springer.

[3]) Über die richtige Anordnung von Schmiernuten an der Hand praktischer Beispiele unterrichtet schnell die Broschüre von E. Falz, „Zweckmäßige Schmiernuten“, Berlin 1926, Beuth-Verlag

E i n f l u ß d e r B e a r b e i t u n g. Für schwer belastete Lager spielt schließlich auch die Feinheit der Gleitflächenbearbeitung eine nicht unwesentliche Rolle. Wären absolut glatte und genaue Flächen herstellbar, so könnte bei Lagern und ebenen Gleitflächen in allen Fällen reine Flüssigkeitsreibung erreicht werden, da zum gänzlichen Verdrängen der Schmierschicht eine praktisch unendlich große Kraft erforderlich wäre. Demgemäß wird man in Wirklichkeit um so größere Flächendrücke aufnehmen können, je mehr man sich der absoluten Ebenheit nähert, und zwar muß die Bearbeitung um so vollkommener sein, je geringer die Gleitgeschwindigkeit und je höher der Flächendruck ist.

D a s E i n l a u f e n. Ein natürliches Hilfsmittel zur Steigerung der Belastungsfähigkeit von Gleitflächen ist das bekannte „Einlaufen". Es beruht auf einer Glättung gewisser Stellen des Lagerfutters durch Schleifen oder Quetschen, unter Benutzung des sich drehenden Wellenzapfens als Glättwerkzeug.

Ein neueres Verfahren, durch das das Einlaufen teils ersetzt, teils weitgehend ergänzt wird, ist die Benutzung von Kolloidalgraphit als Zusatz zum Schmiermittel. Während das Einlaufen durch Vermindern der Bearbeitungsvorsprünge wirkt, wirkt der Kolloidalgraphit durch Auffüllen der Bearbeitungsvertiefungen. Der Erfolg ist in beiden Fällen grundsätzlich der gleiche, nur ist nach dem letztgenannten Verfahren eine weitgehendere Glättung möglich, da diese nicht nur die Lagerschale, sondern in gleichem Maß auch den Zapfen betrifft. Kolloidalgraphit darf nicht mit Flockengraphit verwechselt werden, der schleifende Bestandteile (z. B. Quarz, Glimmer, Mika usw.) enthält. Durch Einlaufenlassen mit Kolloidalgraphit kann die Tragfähigkeit eines Lagers um ein Vielfaches gesteigert werden.

Die Lagerreibungszahl

Die geringste mit einem gegebenen Lager erreichbare Reibungszahl ergibt sich nicht etwa bei reiner Flüssigkeitsreibung, sondern im Grenzgebiet, nämlich beim geringsten Wert der halbflüssigen Reibung. Da hierbei, wenn auch in geringem Maß, Verschleiß auftritt, kann die kleinste Reibung somit nicht als anzustrebender günstigster Reibungszustand bezeichnet werden, was vielfach von Öllieferern nicht in Betracht gezogen wird. Im praktischen Betriebe kommt es v i e l w e n i g e r a u f d e n a b s o l u t e n G e r i n g s t w e r t der Lagerreibung, als vielmehr auf v e r s c h l e i ß l o s e s A r b e i t e n und g e n ü g e n d e B e t r i e b s i c h e r h e i t an, und diese Forderungen werden bei halbflüssiger Reibung (also auch beim Reibungsgeringstwert) eben nicht erfüllt.

Schwingende Zapfenlager

Gänzlich verschieden von den Gleitvorgängen in Lagern mit sich drehendem Zapfen sind die Vorgänge in Lagern mit schwingendem Zapfen. Diese sind, sofern in ihnen die Druckrichtung wechselt, wie z. B. bei Kreuzkopflagern, als Stoßpuffer zu betrachten; denn der Zapfen stößt, unter teilweiser Verdrängung des Schmiermittels, bald gegen die eine, bald gegen die andre Lagerschale, wobei der Stoß gegen die Lagerwand durch die Schmierschicht gedämpft wird.

Steht in dem Augenblick, da der Zapfen sich von der Lagerschale zu entfernen beginnt, wodurch eine ausgesprochene Saugwirkung auftritt, nicht genügend Schmiermittel zur Verfügung, so wird an den Lagerenden Luft statt Öl angesaugt, und ein harter Schlag beim nächsten Druckwechsel wäre die Folge. Aus diesem Grunde muß das Schmiermittel bei schwingenden Lagern mit Druckwechsel stets an der Stelle der größten Saugwirkung zugeführt und möglichst schnell verteilt werden.

Ausgesprochen ungünstig liegen die Schmierverhältnisse bei schwingenden Zapfen o h n e Druckwechsel, wie sie bei einfachwirkenden Kolbenmaschinen anzutreffen sind. Hier findet kein Lüften des Zapfens und kein selbsttätiges Erneuern des Schmiermittels statt. Der Zapfen reibt unter hohem Flächendruck unmittelbar in der Lagerschale. In solchen Fällen ist allerhöchstens halbflüssige Reibung zu erwarten, und es müssen mehrere Längsnuten mit sehr schlank abgerundeten Kanten in die belastete Schale eingearbeitet werden. Lagerspiel ist bei schwingenden Lagern nicht am Platz. Ein eigenartiger, beachtenswerter Vorschlag zur Verbesserung der Reibungsverhältnisse in Schwinglagern wird von Gebrüder V i e w e g in dem Aufsatz „Über die Bildung des Ölfilms in Schwinglagern" gemacht[4]).

[4]) „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 234.

Die Schmierungsarten

Tropfschmierung wirkt in der Regel unvollkommen, aus begreiflichen Gründen stets viel zu dürftig geschm wird, als daß reine Flüssigkeitsreibung erwartet wer könnte.

Der günstigste Zustand wird bei „V o l l s c h m r u n g" erreicht, d. h. wenn dem Lager dauernd so Schmiermittel zugeführt wird, als es aufzunehmen verm Hierbei bildet sich die größte unter den gegebenenen V hältnissen erreichbare Schmierschichtstärke, und die triebsicherheit erreicht damit ihren höchsten Wert. V schmierung wird bei Ölschmierung am einfachsten und billigsten durch K r e i s l a u f - S p ü l s c h m i e r u n g reicht, nämlich durch Ringschmierung, Umlaufschmier oder Preßschmierung; bei Fettschmierung durch Anw dung von Conrad-Büchsen, die der Gleitstelle durch sanf Luftdruck die zur Erzielung von Vollschmierung erford liche Fettmenge selbsttätig zuführen.

Der Wert der Preßschmierung liegt einesteils in größeren Wärmeableitung, vorwiegend aber in der Sond eigenschaft der vorzüglichen Stoßdämpfung[5]) bei Tr werklagern mit Druckwechsel oder bei Lagern mit laufenden Massenkräften. Im neuzeitlichen Kolb maschinen- und im Turbinenbau ist die Druckschmier daher unentbehrlich.

Bezüglich der durch zweckmäßige Wahl der Schmierv fahren und deren ordnungsmäßige Überwachung erzielba Betriebskostenersparnisse geben die Arbeiten: „Einiges ü rationelle Ölwirtschaft" von Dr. T y p k e[6]) und „Aufw dungen für Schmiermittel und Möglichkeiten ihrer V ringerung in Maschinenfabriken" von Dr.-Ing. S e y d h e l m[7]), Hannover, beachtenswerte Aufschlüsse.

Die Ölfilterung

Bei jeder Kreislaufschmierung durch Pumpen ist Anwendung einer möglichst vollkommenen Schmiermit filterung unerläßlich, um Zapfenverschleiß, insbesond bei Verbrennungsmotoren, zu verhüten, bei denen eine reicherung des Schmieröles durch Ölkohle nicht zu v hüten ist. Beim Verbrennungsmotor mit Preß- oder U laufschmierung bildet neben der Ölfilterung allerdings a die Luftfilterung einen äußerst wichtigen Teil der Schm anlage.

Das Schmiermittel

Ein Schmiermittel braucht grundsätzlich kein Öl o Fett zu sein; schmiertechnisch wird nur verlangt, daß es e Flüssigkeit ist, die Zapfen und Lagerschale gut bene Da jedoch nur wenige Flüssigkeiten die Eigenschaf großer Beständigkeit gegen Eindicken, Verdunsten und c mische Veränderungen aufweisen, so verwendet man Schmiermittel in der Technik fast ausschließlich und Fette.

Die zu wählende Z ä h i g k e i t des Schmiermittels stimmt sich aus dem Flächendruck, der Gleitgeschwind keit und dem Lagerspiel. Je schneller eine Welle lä je geringer der Flächendruck und je kleiner das Lag spiel, um so dünnflüssigere Schmiermittel sind Platz; je niedriger die Drehzahl, je höher der Flächendru und je größer das Lagerspiel, um so zäher, d. h. di flüssiger, muß das Schmiermittel sein, um halbflüssige R bung zu verhüten.

Allgemeine Aufklärung über Schmiermittel gibt Aufsatz „Schmiermittel" von E r n s t[8]), und besondere H weise bezüglich der Viskositätseigenschaften der Beitr „Moderne Gesichtspunkte für die Ölauswahl" von Dr.-I K i e ß k a l t[9]), während die sehr beachtenswerte Arb „Veränderung der Schmieröle im Gebrauch" von Prof. F r a n k[10]) wichtige Aufklärungen über die chemische V änderlichkeit von Schmiermitteln unter praktischen triebsverhältnissen bringt.

Das Lagermetall

Das Lagermetall spielt im Betriebe b e i r e i n F l ü s s i g k e i t s r e i b u n g eine untergeordnete Rolle; kommt aber beim Anfahren und Abstellen der Maschin sowie bei Betrieb mit halbflüssiger Reibung zur Geltu Namentlich im letzten Falle sowie bei Maschinen, die un hohem Flächendruck anzufahren haben, ist hochwertig nicht zu weiches Lagerweißmetall mit guten Gleiteige schaften zu verwenden, während bei niedrigen Flächendrück Gußeisen in sauberster Bearbeitung vollkommen genü

[5]) Siehe E. Falz, „Die praktische Bekämpfung der Getriebest bei Kolbenmaschinen." „N. Z. I." Mitt. d. Verb. techn. wissensch. V eine Hannover Bd. 18 (1924) S. 528. Hannover, Verlag Engelhardt &

[6]) und [7]) „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 216 und S. 219.

[8]) [9]) und [10]) „Maschinenbau" Bd. 6 (1927) S. 227, 230 und 231.

[M 349]

Die Vorgänge beim Anlassen gehärteter Stähle[1]

Von Dr.-Ing. L. Traeger, Berlin

Durch Messung der Längenänderungen gehärteter Kohlenstoffstähle beim Anlassen wird nachgewiesen, daß der Anlaßvorgang in drei getrennten Stufen verläuft, die bei rd. 100°, 235° und 275° beginnen. Der Verlauf der Vorgänge zeigt, daß es sich um Umwandlungen im Stahl handelt. Durch Vergleich mit andern Eigenschaftsänderungen ergibt sich die Theorie, daß beim Anlassen Martensit und Austenit über eine Zwischenphase ζ, die kennzeichnende Eigenschaften aufweist, in α-Eisen und Eisenkarbid übergehen. Aus der Erkenntnis der Vorgänge beim Anlassen ergeben sich Hinweise für die Wärmebehandlung von Stählen.

Die geeigneten Anlaßtemperaturen und Anlaßzeiten gehärteter Stähle für die verschiedenen Zwecke werden bis heute in der Praxis nach Erfahrungen stgesetzt, die auf Überlieferung oder längeren Verchen beruhen; sie werden deshalb sogar oft dem Ercssen eines mehr oder minder geschickten Härters überssen. Dieses unsichere und unwirtschaftliche Vorhen war durch die unzulängliche wissenschaftliche lärung der Vorgänge, die beim Anlassen im Stahl eineten, begründet. Im allgemeinen betrachtete man den nlaßvorgang als einen allmählichen Übergang aus dem bilen Zustand, der durch das Abschrecken entstanden ., dem Martensit und Austenit, in den stabilen Zustand, r bei langsamer Abkühlung entsteht, α-Eisen (Ferrit) d Eisenkarbid (Zementit). Der Verlauf und die Art des berganges hatten jedoch keine allgemein anerkannte d genügende Klärung gefunden.

Die Längenänderungen

Viele Untersuchungen haben bereits ergeben, daß r Anlaßvorgang im Stahl bei steigender Temperatur regelmäßig verläuft. Am deutlichsten zeigt sich dies i der Dichte- und Längenänderung. Da es sich beim Anlssen um nicht umkehrbare Vorgänge handelt, können Änderungen unmittelbar bei den Anlaßtemperaturen er nach einzelnen Anlaßstufen bestimmt werden. Nach iden Verfahren sind bereits Untersuchungen der Volmenänderungen durchgeführt worden[2].

Für die vorliegende Arbeit wurde nach einer kritchen Betrachtung der verschiedenen bisher anwandten Meßverfahren eine Einrichtung für die geue Messung benutzt, die die Längenänderungen der loben auf 1 μ genau anzeigte und die gegen äußere Inflüsse verhältnismäßig unempfindlich war. Die tersuchten Proben hatten 10 mm Dmr. und 150 mm Inge. Nach dem Abschrecken wurden die Proben mindestens drei Tage liegen gelassen, bevor sie untersucht

[1]) Auszug aus Heft 294 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete d Ingenieurwesens, herausgegeben vom V.d.I. — Die Untersuchung wrde an der Technischen Hochschule, Berlin, ausgeführt.

[2]) Die Rücksicht auf den Umfang dieses Auszuges verbietet es, hr auf die Ergebnisse der Arbeiten von Fromme, Svedelius, arpy und Grenet, Maurer, Driesen, E. H. Schulz, Fänkel und Heymann, Honda und Matsushita, sowie I weke u. a. einzugehen.

Abb. 2
Erste Längenänderung von Kohlenstoffstahl mit 0,97 vH C nach dem Anlassen

wurden, da nach den Arbeiten von Matsushita[3]) in der ersten Zeit bei Zimmertemperatur noch geringe Längenänderungen eintreten.

Bei einer Erhitzungsgeschwindigkeit von nur 1 °/min ergeben abgeschreckte Kohlenstoffstähle die in Abb. 1 dargestellten Längenänderungslinien; Zusammensetzungen und Abschrecktemperaturen s. Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Zusammensetzung und Abschrecktemperatur der untersuchten Kohlenstoffstähle

Werkstoff	C vH	Mn vH	Si vH	P vH	Abschrecktemperatur °C
1	0,14	0,64	0,25	0,047	950
2	0,59	0,35	0,13	0,010	850
3	0,80	0,34	0,19	0,010	780
4	0,97	0,36	0,25	0,065	860
5	1,44	0,41	0,22	0,013	780

Abgesehen von dem Stahl mit nur 0,14 vH C, der sich nahezu gleichmäßig ausdehnt, zeigen die Proben über 100 ° und über 275 ° während eines Temperaturbereiches eine deutliche Verringerung ihrer Ausdehnung, die zum Teil in einen Zustand gleichbleibender Länge und in Verkürzung übergeht. Bei den Stählen mit 0,97 vH C und 1,44 vH C läßt sich ferner über 235 ° deutlich eine verstärkte Ausdehnung erkennen. Über 450 °dehnen sich alle Stähle bis 550 ° gleichmäßig aus. Die Abkühlungslinien sämtlicher Stähle nach dem Anlassen zeigen keine Unregelmäßigkeiten.

Zunächst wurde untersucht, in welchem Zusammenhang die drei Unregelmäßigkeiten miteinander und mit den Temperaturen, bei denen sie auf den Ausdehnungslinien beobachtet werden, stehen. Proben des Stahles mit 0,97 vH C wurden längere

Abb. 1
Längenänderung abgeschreckter Kohlenstoffstähle während des Anlassens

[3]) The Science Reports of the Tohoku Univ. Bd. 7 (1918) S. 43.

Abb. 3
Längenänderung von Kohlenstoffstahl mit 0,97 vH C während des Anlassens bei vollständiger Einstellung des metastabilen Gleichgewichts

Zeit bei gleichbleibenden Temperaturen angelassen und die Längenänderungen nach dem Abkühlen auf Zimmertemperatur bestimmt. Die Ergebnisse für die erste Unregelmäßigkeit zeigt Abb. 2. Bei rd. 60 ° Anlaßtemperatur ändert sich selbst nach achtstündigem Anlassen die Länge nicht, sondern erst bei 75 ° tritt eine geringe Verkürzung ein. Um den Vorgang zu beschleunigen, wurde der Stahl mehrere Male bei Temperaturen bis rd. 110 ° angelassen und die eingetretenen Verkürzungen beobachtet. In Abb. 2 sind neben einzelnen Punkten die Gesamtanlaßzeiten angegeben. Nachdem der Stahl sich um rd. 7×10^{-2} vH verkürzt hatte, ergab weiteres Anlassen bis auf 210 ° nur noch eine geringe Längenänderung trotz verhältnismäßig langer Anlaßzeiten. Ein Vergleich der bei rd. 100 ° erhaltenen Verkürzung mit der Verzögerung der Ausdehnung, Abb. 1, ergab eine nahezu vollkommene Übereinstimmung der Größen. Eine so bei rd. 100 ° genügend angelassene Probe dehnte sich bei der Erhitzung um 1 °/min bis 240 ° gleichmäßig aus. Die verstärkte Ausdehnung über 240 ° und die Verkürzung über 275 ° traten jedoch auf wie bei der Ausdehnungslinie für 0,97 C, Abb. 1.

Ebenso zeigten die Proben nach achtstündigem Anlassen auf 235 bis 240 ° eine Verlängerung, die der Verschiebung der Ausdehnungslinie, Abb. 1, zwischen 235 ° und 275 ° entsprach. Beim Erhitzen ergab diese Probe nur noch die Verkürzung über 275 °. Diese größte Unregelmäßigkeit der Ausdehnungslinie nahm mit zunehmender Anlaßzeit bei 300 ° Anlaßtemperatur ebenfalls ab. Der Vorgang verläuft jedoch bei 300 ° nach Eintreten des größten Teils der Verkürzung derart langsam, daß selbst nach 40stündigem Anlassen in der Ausdehnungslinie bei 400 ° noch eine kleine Verzögerung bemerkbar war. Die Gesamtverkürzung bei 300 ° ist nahezu doppelt so groß wie die bei 100 °.

Durch die Versuche ist nachgewiesen, daß beim Anlassen drei getrennte Vorgänge im gehärteten Stahl eintreten. Da diese an bestimmte Mindesttemperaturen gebunden sind und bei diesen dann bei genügender Anlaßzeit zu Ende verlaufen, können sie nur Umwandlungen im Stahl sein. Sie unterscheiden sich von den Phasenänderungen in den Zustandschaubildern durch eine bedeutend geringere Kristallisationsgeschwindigkeit, die durch Überhitzung gesteigert wird.

Der gehärtete Stahl geht also bei jedem Vorgang in einen neuen metastabilen Gleichgewichtzustand über. Abb. 3 zeigt die Längenänderungslinie des gehärteten Stahles mit 0,97 vH C bei vollständiger Einstellung der metastabilen Gleichgewichte. Die Linie läßt ferner erkennen, daß der Stahl nach den Umwandlungen einen andern Ausdehnungswert hat.

In Abb. 4 sind die Größen der Längenänderungen den drei Umwandlungstufen in Abhängigkeit vom Koh stoffgehalt zusammengestellt. Die beiden Verkürzu sind dem Perlitgehalt verhältnisgleich. Die Verlänge tritt nur bei übereutektoidischen Stählen auf und ist diesen abhängig von der Härtetemperatur. Nach dem schrecken aus dem Zustandsgebiet vor der Zementitauflös im Austenit (zwischen den Linien *SK* und *SE* im Ei kohlenstoff-Zustandschaubild[4]) ist sie bei steigen Kohlenstoffgehalt gleich groß. Nach dem Abschrecken dem Gebiet des reinen Austenits (über der Linie *SE* Eisenkohlenstoff - Zustandschaubild) steigt sie verhält gleich mit dem Kohlenstoffgehalt. Bei untereutektoidis Stählen sind die Veränderungen der Längenänderunge Abhängigkeit von der Abschrecktemperatur praktisch bedeutend, wenn diese oberhalb der Umwandlungstem tur liegt. Die Linien *a* und *b*, Abb. 4, stellen die beob teten Gesamtverkürzungen nach dem Anlassen auf 5 dar, die aus dem Verlauf der Ausdehnungslinien

[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 245.

Abb. 4
Längenänderungen beim Anlassen in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt

a Gesamtkontraktion, bestimmt durch Meßuhr bei 15° nach dem Anlassen auf 500°
b Gesamtkontraktion, berechnet als Summe der drei einzelnen Längenänderungen

ich dem Abkühlen bestimmt wurden. Ihre ungefähre bereinstimmung mit der arithmetischen Summe aus den ızelnen Größen bietet eine Gewähr für die Größen der ngenänderungen bei den einzelnen Umwandlungen. ähle, die unterhalb der Umwandlungstemperatur abgschreckt sind, oder die infolge zu milden Abschreckens schrecktrostit oder -sorbit im Gefüge zeigen, ergeben ine Unregelmäßigkeiten in den Ausdehnungslinien.

Besondere Versuche bestätigten, daß die Längenänderıngen bei durchgehärteten Proben den Dichteänderungen sprechen. In Abb. 5 sind die Dichteänderungen beim lassen mit den spezifischen Gewichten der reinen hlenstoffstähle in ausgeglühtem und abgeschrecktem Zund nach Maurer dargestellt. Auch hier ergibt sich d schon von E. H. Schulz[5]) festgestellte Erscheinung, dß die Stähle durch Anlassen nicht die Dichte der ausgeghten erreichen.

Die Veränderungen anderer Eigenschaften

Um die Art der drei Umwandlungen zu erkennen, wurdı ihre Merkmale bei andern Untersuchungen herangeʒen. Die Gefügeuntersuchung ergibt, daß der Martensit h nach der ersten Anlaßstufe dunkel ätzt und die niger angegriffenen hellen Austeniteinschlüsse erkennen ßt, Abb. 6, während vor dem Anlassen diese verschiedene wirkung nicht eintritt. Die erste Umwandlung kann o nur in einer Änderung des Martensits bestehen. Nach n Anlassen auf 265 ° ist dieser Unterschied im Gefüge

Abb. 6
Stahl mit 0,97 vH C, 0,36 vH Mn, 0,25 vH Si, 0,065 vH P, 8 h bei 130 bis 140 ° angelassen; 600 × vergr.

rschwunden, so daß der Austenit denselben Zerfallstoff e der Martensit nach der ersten Umwandlung gebildet ben muß. Der dritte Vorgang ist im Schliffbild am ftreten kleiner Zementitkügelchen nur ungenau erinbar.

Der elektrische Widerstand zeigt nach Enlund[6]) steigender Anlaßtemperatur bei 90 ° und 265 ° eine nahme, Abb. 7. Da nach Benedicks[7]) der elekische Widerstand von dem Kohlenstoffzustand im Stahl hängig ist, müssen bei den ersten beiden Vorgängen iche Änderungen des Kohlenstoffes eintreten. Die Ausnung bei 235 ° gegenüber der Verkürzung bei 100 ° nn also nur durch die Überlagerung der $\gamma \rightarrow \alpha$-Umwandng bei der Austenitzersetzung erklärt werden. Aus den beiten von Heyn und Bauer[8]), Maurer[9]) und bennders der von Scott und Movius[10]) geht hervor, dß die Umwandlung bei 100 ° nur mit einer geringen, Austenitumwandlung mit einer größeren Wärmetönung bunden ist. Die Beobachtungen der Löslichkeit, die bennders von Heyn und Bauer[11]) durchgeführt wurden,

[8]) Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens ausgegeben vom V. d. I., Heft 164.
[6]) Jernkontorets Ann. 1922 S. 389.
[7]) Journ. of Iron and Steel Inst. 1914 I S. 407.
[8]) Mitt. d. Kgl. Mat.-Prüf.-Amts 1909 S. 57.
[9]) Metallurgie 1909 S. 33.
[10]) Bureau of Standards 1920 Nr. 395.
[11]) Mitt. d. Kgl. Mat.-Prüf.-Amts 1906 S. 29 und 1909 S. 57.

Abb. 5
Schaubild der Dichte von reinen Kohlenstoffstählen nach Maurer mit den Werten für die Anlaßvorgänge nach eigenen Versuchen

lassen die einzelnen Anlaßstufen nicht erkennen, da die Abstände der untersuchten Temperaturen zu groß und die Anlaßzeiten zu kurz waren. Der Höchstwert der Löslichkeit liegt aber danach zwischen der zweiten und dritten Umwandlung. Aus der verschiedenen Art des Kohlenstoffauftretens bei der Lösung angelassener Stahlproben in verdünnter Schwefelsäure geht hervor, daß nach der zweiten Umwandlung der Höchstwert einer Zwischenstufe der Kohlenstoffumgruppierung vorliegt.

Die Änderungen der Festigkeitseigenschaften haben für die wissenschaftliche Klärung der Anlaßvorgänge weniger Bedeutung als für die praktische Auswertung. Die deutlichsten Änderungen bei den einzelnen Anlaßstufen zeigt die Härte. Maurer[12]) fand, daß Stähle aus Martensit, Martensit und Austenit und aus reinem Austenit nach der Austenitumwandlung dieselben Rücksprunghärten besaßen, die bei höheren Anlaßtemperaturen gleichmäßig abnahmen. Nach den Untersuchungen von Hanemann, Jung[13]) und Kühnel[14]) nimmt die Festigkeit nach dem Anlassen über 200 ° zu.

Erklärung der Anlaßvorgänge

Der Vorgang bei 235 ° besteht in einer Umwandlung des Austenits. Er wird deshalb bei untereutektoidischen Stählen, die nach der Härtung keinen Austenit enthalten, nicht beobachtet und ist bei übereutektoidischen Stählen durch eine deutliche Veränderung des Austenits im Gefüge zu erkennen. Bei 100 ° tritt eine Änderung im Martensit und bei 300 ° eine Umwandlung des Zerfallstoffes aus Martensit und Austenit ein. Es geht hieraus hervor, daß der Martensit über eine Zwischenstufe in α-Eisen + Eisenkarbid übergeht. Die Merkmale dieser Zwischenstufe, die mit ζ-Phase bezeichnet sei, sind:

[12]) a. a. O.
[13]) Diss. Berlin 1911, vergl. Stahl und Eisen Bd. 31 (1911) S. 1365.
[14]) Diss. Berlin 1913, vergl. Stahl und Eisen Bd. 33 (1913) S. 1686.

Abb. 7
Änderung des elektrischen Widerstandes während des Anlassens nach Enlund

1. ein besonderes spezifisches Gewicht, das zwischen dem des Martensits und dem des α-Eisen + Zementit-Gemisches liegt;
2. eine von der des Martensits und des α-Eisen + Zementit-Gemisches verschiedene Wärmeausdehnungszahl;
3. dunkel geätzte Nadeln im Gefügebild bei der Ätzung mit Salpetersäure;
4. ein geringerer spezifischer elektrischer Widerstand als Martensit;
5. ein geringerer Wärmeinhalt als Martensit;
6. Abscheidung von elementarem Kohlenstoff im Lösungsrückstand beim Lösen mit verdünnter Schwefelsäure und größere Lösungsgeschwindigkeit als Martensit und als α-Eisen + Zementit;
7. eine etwas geringere Härte als Martensit, aber größere Härte als α-Eisen + Zementit.

Von Hilpert und Dieckmann[15]) war bereits darauf hingewiesen, daß der Kohlenstoff mit dem Eisen außer dem Eisenkarbid Fe_3C Zwischenkarbide bildet. Am stabilsten ist der Kohlenstoff im Eisen bei der größten Konzentration als Graphit oder Temperkohle. Im Stahl ist die Konzentration im Karbid Fe_3C unter 700 ° stabil. Im gelösten Zustand dagegen ist der Kohlenstoff im Eisen am labilsten. Als Folgerung hieraus läst sich die Hypothese aufstellen, daß in der ζ-Phase ein Zwischenkarbid vorliegt, worin der Kohlenstoff in geringerer Konzentration auftritt als im Karbid Fe_3C; aber konzentrierter als gelösten Zustand, also ein Zwischenkarbid von der F Fe_nC mit $n > 3$.

[15]) Ber. d. Dtsch. Chem. Ges. Bd. 48 (1915) S. 1281.

Für die Vorgänge beim Anlassen ergibt sich folge Übersicht:

nach dem Abschrecken: Martensit + Austenit,
nach der Umwandlung bei 100 ° : ζ + Austenit,
nach der Umwandlung bei 235 ° : ζ,
nach der Umwandlung bei 300 ° : α-Eisen + Eisenk bid Fe_3C.

Für die praktische Wärmebehandlung gehärteter Stä ergeben sich aus dem Verlauf des Anlaßvorganges v schiedene Folgerungen. Eine Temperatur von 10 (kochendes Wasser) bewirkt bereits eine Veränderung gehärteten Stahls. Nach genügend langem Anlassen diese Temperatur werden im Stahl unter 200 ° keine b benden Formenänderungen mehr eintreten. Für Werkze sind je nach ihrem Verwendungszweck Anlaßtemperatu von 200 ° bis 300 ° üblich. Die Anlaßdauer ist aber in Praxis im allgemeinen nicht so lang, daß bei den höhe Temperaturen die Umwandlung des ζ-Zwischenkarbids α-Eisen + Zementit vollständig verlaufen kann. Daraus zu schließen, daß der für Werkzeuge erwünschte Anlaß stand hauptsächlich aus der ζ-Phase besteht, z. T. gemis mit Austenit oder mit α-Eisen + Zementit. Will man härteten Stahl auch für Temperaturen über 280 ° volum beständig machen, ist praktisch eine Anlaßtemperatur 400 ° notwendig. [B 113

Brandschutz bei großen halbgeschlossenen Drehstromerzeugern

Bei geschlossenen Stromerzeugern, wie Dampfturbodynamos, läßt sich ein wirksamer Schutz gegen Brände, die im Innern entstehen, verhältnismäßig einfach erzielen, namentlich wenn sie mit einer Umlaufkühlung versehen sind, die heutzutage in steigendem Maße angewendet wird. Hier setzt man der als Kühlmittel dienenden Luft genügende Mengen von Kohlensäure oder Stickstoff zu, um einen Brand im Entstehen zu ersticken, oder man kühlt statt mit Luft mit einem chemisch trägen Gase wie Wasserstoff[1]). Anders liegen die Verhältnisse bei offenen oder halbgeschlossenen Stromerzeugern, die ihre Kühlluft aus der Umgebung oder aus einem Zuluftkanal ansaugen und ins Freie ausstoßen, bei denen man also die Zusammensetzung des Kühlmittels nicht in der Hand hat.

Sehr bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang eine Konstruktion[2]) der General Electric Co. in Schenectady für die 65 000 kVA-Stromerzeuger mit senkrechter Welle der Niagara Falls Power Co., die man als halbgeschlossen bezeichnen muß. Ein selbsttätiges Ersticken eines Brandes, der an einer Stelle der Ständerwickelköpfe auftritt, kommt hier nicht in Frage, und man beschränkte sich daher darauf, in solchem Falle die Ausbreitung des Feuers nach Möglichkeit zu beschränken.

Bei den halbgeschlossenen Drehstromerzeugern wird die Kühlluft im allgemeinen durch Lüfter, die am Magnetrad in der Nähe des äußeren Umfanges angebracht sind, unmittelbar gegen die Ankerwickelköpfe geblasen. Entsteht nun ein Brand an einem Wickelkopf, dann treibt die mit dem Lüfter kreisende Kühlluft die Flammen an den Wickelköpfen entlang und kann unter Umständen eine Beschädigung sämtlicher Wickelköpfe und der umliegenden Teile herbeiführen. Um dies zu verhüten, hat die General Electric Co. zwischen Lüfter und Wickelköpfen einen Kranz von Leitschilden *b* mit Zwischenwänden angeordnet, Abb. 1, die dieses Kreisen der Luft verhindern und die Wirkung erzielen, daß die Wickelköpfe *c* statt in Richtung des Umfanges nur in radialer Richtung angeblasen werden, Abb. 1. Die Leitschilde *b* bestehen aus Isolierstoff (bakelitisiertem Segeltuch oder Asbest), damit sie sich nicht durch Wirbelströme erwärmen.

Um die Brandstelle schnell festzustellen, hat man eine eigenartige Vorkehrung getroffen; in der Nähe der Wickelköpfe *c* sind in geeigneten Abständen Sprinklerköpfe *d* angebracht, die normalerweise unter erhöhtem Luftdruck stehen. Schmilzt die Sicherung an einem Sprinkler infolge eines Brandes, so wird durch das Abblasen ein in der Luftleitung angebrachter Kontakt geschlossen, und ein Signal ertönt. Dann kann der Maschinenwärter durch B dienungslöcher in den Gehäuseschilden ein Löschmittel v Tetrachlorkohlenstoff der Brandstelle zuführen, und, we dies nicht wirksam genug sein sollte, mittels eines Han hebels Wasser in die Sprinklerröhren hineinlassen. D vorteilhafteste Lage der Sprinklerköpfe zu den Wick köpfen ist durch eingehende Versuche ermittelt worde ebenso die geeignete Form des Verteilers am Sprinkl Als geeigneter Wasserdruck ergab sich 2½ bis 7 at.

[1]) s. Z. Bd. 70 (1926) S. 889.
[2]) General Electric Review Bd. 29 (1926) S. 775.

Abb. 1
Teil eines Drehstromerzeugers mit Endwicklungen und Sprinkleranlage
a Lufteintritt *b* Leitschilde mit Zwischenwänden *c* Wickelkopf *d* Sprinkler *e* Wicklung Gehäuse des ruhenden Ankers

Man hat natürlich die Wirksamkeit dieser Löschvo richtung im Betriebe nicht feststellen können, doch hab eingehende Versuche an Holzmodellen in natürlicher Grö klar erwiesen — und dies ist das wichtigste Ergebnis daß bei einem Anblasen der Wickelköpfe in radialer Ric tung eine wesentliche Ausbreitung einer in ihnen od in den Schaltverbindungen entstehenden Brandstelle nic stattfindet, selbst wenn man das Feuer eine Viertelstun brennen läßt. Wenn es nötig ist, Wasser zum Lösch zu verwenden, dann treten bei der hier vorgesehenen A ordnung nur die Sprinkler in Tätigkeit, die unmittelba an der Brandstelle liegen; die Beschädigung der Wicke köpfe ist somit auf einen geringen Teil des Umfang beschränkt. [M 182] Wgm.

Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft[1])

Verhandlungen der Weltkraftkonferenz Basel 1926 Sondertagung

Aus den von acht Staaten vorgelegten Berichten der ruppe D werden im folgenden einige besonders erwähnenswerte Punkte hervorgehoben und zum Teil mit Zusätzen versehen, die zu der in einer Schlußbetrachtung behandelten, in Basel in der Aussprache zu den Berichten ebhaft erörterten Frage überleiten, welche Zukunftaufgaben der Elektrizität in der Landwirtschaft noch gestellt sind.

A m e r i k a steht im Range der Bevölkerungszahl, nach der die verschiedenen Länder aufgezählt werden sollen, an erster Stelle. Die Anwendung der Elektrizität n der amerikanischen Landwirtschaft hat eigentlich ihren Ausgangspunkt in der Bewässerung von Farmen genommen. Erst im Jahre 1920 trat ein Wendepunkt ein, als m ganzen etwa 452 000 Farmen (nur 7 vH) Anschlüsse für Gas oder elektrisches Licht hatten, während heute mmerhin etwa 8 vH von sämtlichen rd. 6,4 Mill. Farmen n den Vereinigten Staaten Strom für Licht und Kraft verwenden. Die Erkenntnis, daß die Anwendung der Elektrizität noch zu ungenügend sei, um kostspielige Übertragungsleitungen zu legen, veranlaßte die Gründung eines nationalen Ausschusses aus Vertretern der Staatsbehörden für Landwirtschaft, Handel und des Innern, um festzustellen, in welchem Umfange dem Farmer mit der Elektrizität wirklich gedient werden kann. Insbesondere wird auf die Zusammenarbeit zwischen den elektrotechnischen und den landwirtschaftlichen Kreisen Wert gelegt. Es mag auffallen, daß in diesem in technischer Hinsicht so weit fortgeschrittenen Lande die Anwendung der Elektrizität noch in den Anfängen steckt. Dies hängt jedoch zum großen Teile mit den gewaltigen Entfernungen zwischen den Kraftwerken und den zu versorgenden Farmen zusammen. Heute verwenden etwa 7,8 vH aller Farmen elektrischen Strom, und 47 vH aller Farmen haben irgendeine andre Kraftquelle. Wenn es gelingen würde, sämtliche Farmen anzuschließen, so würde der Strombedarf um 7,54 Milliarden kWh jährlich steigen. Aber auch dann ließe sich der amerikanische Kraftbedarf noch erheblich steigern. Dies beweist namentlich Kalifornien, wo mehr als 80 vH des Strombedarfes auf den Antrieb von Pumpen entfallen.

In D e u t s c h l a n d haben mehr als 90 vH aller ländlichen Betriebe elektrischen Anschluß; ihr Verbrauch betrug im Jahre 1925 etwa 1030 Mill. kWh. Der jährliche Stromverbrauch auf den Kopf der Bevölkerung stellt sich in Deutschland auf 180 kWh, bei der Landwirtschaft treibenden Bevölkerung indessen 50 kWh. In der Schweiz sind die entsprechenden Zahlen 450 kWh und ebenfalls 50 kWh. Auf 1 ha Fläche berechnet, ist der deutsche Verbrauch wesentlich größer als in der Schweiz, weil der deutsche Getreidebau mit seinem bedeutenden Kraftbedarf die Hauptrolle spielt. Der landwirtschaftliche Stromverbrauch wird nach den nächsten 10 Jahren auf rd. 3 bis 4 Milliarden kWh jährlich geschätzt.

Besonderer Erwähnung bedürfen die W e r b e a r b e i t und die T a r i f p o l i t i k. Diese beiden Punkte stehen gegenwärtig wohl in allen Ländern im Vordergrund der Tagesfragen. Die Werbearbeit durch die Presse, durch regelmäßig und kostenlos zugestellte Druckschriften, durch Wandervorträge, Ausstellungen und Filme wird heute gewiß ziemlich erfolgreich wirken. Bei dem angeborenen Mißtrauen der landwirtschaftlichen Bevölkerung gegen alles Neue, kommt man aber oft am raschesten zum Ziele, wenn man in den verschiedenen Punkten seines Versorgungsgebietes der Neuerung einigermaßen zugängliche und einflußreiche Landwirte dafür zu gewinnen sucht, Neuerungen mit erheblicher finanzieller Unterstützung des Werkes einzuführen und die damit gemachten guten Erfahrungen hervorzuheben. Die l e b e n d e Werbung zeitigt die weitaus größten Erfolge. Die Vorarbeit für die Zukunft erfolgt am besten in der Weise, daß man den Volksschulen Lehrbücher in die Hand gibt, die in leichtfaßlicher und doch fesselnder Weise die Anwendungen der Elektrizität und auch die Vorbeugungen gegen Unfälle usw. schildern.

[1]) Unter Benutzung des Generalberichtes der Gruppe D von F. R i n g w a l d, Luzern. Vergl. die Berichte über die Gruppe A in Heft 8 S. 265 und Heft 15 S. 477, die Gruppe B in Heft 11 S. 359. Ein Bericht über Gruppe C und ein weiterer über Gruppe E folgen demnächst. Die gesamten Berichte und Erörterungen über diese und die andern auf der Weltkraftkonferenz verhandelten Gegenstände sind in vier Sprachen unter dem Titel „Berichterstattung der Basler Sondertagung der Weltkraftkonferenz 1926" im Verlag Emil Birkhäuser & Cie. Basel erschienen; Preis 125 Schw. Fr. Den Alleinvertrieb für das Deutsche Reich hat die VDI-Buchhandlung.

In der Tarifpolitik muß sich im großen ganzen jedes Land nach seinen besondern wirtschaftlichen Verhältnissen richten. Grundsätzlich muß man verlangen, daß die landwirtschaftlichen Tarife möglichst einfach, leicht verständlich und so geschaffen sein sollen, daß man möglichst wenig Zähler braucht, wobei aber in keiner Weise der Pauschzahlung, die entschieden zu Stromvergeudung verleitet, das Wort geredet sein soll.

Die viel umstrittene Frage, ob die sogenannten Grundgebührentarife oder die Tarife nach Kilowattstunden richtiger sind, kann für deutsche Verhältnisse erst nach den Betriebsergebnissen der Jahre 1927 und 1928 entschieden werden. Richtig ist, daß der Grundgebührentarif mit niedrigem Arbeitspreis eigentlich dem theoretisch richtigen am nächsten kommt, weil er dem Werke die festen und die beweglichen Ausgaben sicherstellt. Die Erfahrungen in der Schweiz zeigen aber, daß die Bevölkerung einen höheren Arbeitspreis dem Grundgebührentarif bei weitem vorzieht, und das hat auch dazu geführt, daß die meisten schweizerischen Tarife für landwirtschaftliche Zwecke von der theoretisch gegebenen Tarifform zugunsten der Kilowattstunden-Tarife etwas abgewichen sind.

Von den vielen Anwendungen der Elektrizität, die der deutsche Bericht aufzählte, spielt das e l e k t r i s c h e M e l k e n eine auffallend kleine Rolle. Ein Grund hierfür liegt darin, daß die bis vor kurzem auf den Markt gekommenen Melkgeräte dem Melkvorgang, wie ihn das säugende Kalb oder der geübte Melker hervorrufen, nicht gerecht werden konnten. Bei dem künftigen betriebswirtschaftlichen Einfluß der Molkereitechnik auf die Jahres-Benutzungsdauer dürfen aber die Versuche, nicht nur die Arbeitsmaschinen der Molkerei, sondern auch den Wärmebedarf mittels elektrisch aufgeheizter Speicher zu decken, auch in Deutschland bald bedeutende Fortschritte machen. Über diese Frage im allgemeinen soll am Schluß dieses Berichtes noch einiges gesagt werden. Ebenso wird die deutsche Elektrizitätsindustrie auch der Stromanwendung in Treibhäusern, Frühbeetfenstern, Hühnerställen und Bruteinrichtungen erhöhte Aufmerksamkeit widmen, da die Bedingungen gerade für die Hühnerzucht im deutschen Versorgungsgebiete bedeutend günstiger sind als z. B. im schweizerischen.

Als recht aussichtsreich erweist sich der K i p p k ü b e l zur Bereitung von Viehfutter während der Nacht. Der Kraftverbrauch würde jährlich um etwa 1 Milliarde kWh steigen, wenn nur etwa für ein Viertel der in Deutschland befindlichen rd. 17 Mill. Schweine das Futter elektrisch bereitet werden könnte. Die dadurch entstehende Nachtbelastung würde ziemlich genau die gleiche Menge an elektrischer Kraft ergeben, die heute insgesamt von der deutschen Landwirtschaft verbraucht wird.

Ein ebenso aussichtreiches Gebiet wäre der W a r m w a s s e r k e s s e l, der bei einer landwirtschaftlichen Bevölkerung von 20 Mill. und einem Warmwasserbedarf von nur 2 l/Tag einen Jahresbedarf von etwa 1,5 Milliarden kWh Nachtstrom erfordern würde.

Als neuartige Anwendung der Elektrizität darf die H e i ß w a s s e r b e i z e von S a a t g u t, nach Dr. T a m m, bezeichnet werden. Die Geräte hierzu werden zur Zeit durchgebildet.

Ein wichtiges Gebiet ist das der F r i s c h e r h a l t u n g von G r ü n f u t t e r. In Bezirken, die wie in der Schweiz hochwertige Käse herstellen, hat sich bis jetzt jede Art Grünfuttererhaltung als für die Käsemilch unhaltbar erwiesen, weil trotz aller anders lautenden Angaben die Zahl der Buttersäuresporen, die dabei zum Erreger von Buttersäure werden, zu groß ist. Die elektrische Grünfuttererhaltung muß entschieden noch weiter durchforscht werden. Über Elektrograsdörrung wird weiter unten noch einiges zu sagen sein.

Für J a p a n spielt ähnlich wie in Amerika die Be- und Entwässerung der R e i s f e l d e r und die Anwendung des elektrischen Stromes in der R e i s s c h ä l e r e i eine große Rolle. Die Regierung unterstützt die Landwirtschaft bei der Anschaffung von Elektromotoren; sie begünstigt allerdings auch die Aufstellung von Rohölmotoren, weil diese zur Zeit noch billiger arbeiten. Im ganzen sind aber die Bedingungen für die Ausdehnung der Elektrizitätswirtschaft in Japan infolge der großen Bevölkerungsdichte und eines bereits bestehenden ausgedehnten Verteilnetzes günstig.

Die e l e k t r i s c h e n B r u t- und A u f z u c h t e i n r i c h t u n g e n scheinen nicht überall befriedigt zu haben. Es kann sich aber hier wohl nur um Fehler handeln, da erfahrungsgemäß bei gut bedienten und richtig arbeitenden Einrichtungen über 90 vH der eingelegten Eier ausschlüpfen. Wichtig ist allerdings nicht nur das Ausbrüten, sondern auch das Aufziehen der Tiere unter günstigen Verhältnissen.

Zum Ausbrüten der Seidenwurmeier werden ebenfalls elektrische Bruteinrichtungen verwendet. Es hat sich gezeigt, daß elektrisch ausgebrütete Seidenwürmer schneller wachsen und einen Tag früher Kokons herstellen als bei Holzkohlenwärme ausgebrütete.

Bei der *Teeherstellung* spielt die Elektrizität nunmehr ebenfalls eine große Rolle, hauptsächlich als Wärmequelle beim Dämpfen, Waschen und Trocknen des Tees.

England geht in seinem Bericht ausschließlich auf das *elektrische Pflügen* und die Bodenbearbeitung überhaupt ein. Für eine ertragreiche Bodenkultur ist die Umarbeitung der Scholle von großer Wichtigkeit. Wenn es wie in so vielen andern Fällen gelingt, die Arbeitsleistung von Mensch, Tier und Motor durch Verwendung von Elektrizität wesentlich zu verbilligen, so steht für diese Art der Bodenbearbeitung noch ein gewaltiger Kraftverbrauch in Aussicht. Aus diesen Überlegungen heraus gibt der englische Bericht eingehende Darstellungen der Pflugbauarten und sogar Formeln für die Einrichtung des elektrischen Pflügens und die notwendigen Energiemengen.

Eine heikle Frage bilden die *elektrischen Zuleitungen*. Die Lösung liegt meistens in der Richtung, daß feste Leitungen zu den betreffenden Feldern gelegt werden und dann die Hochspannung mittels eines fahrbaren Transformators auf die Gebrauchsspannung herabgesetzt und der Strom über bewegliche Kabel zum Motorwagen geführt wird. Als hauptsächliche Pflugbetriebe sind zu nennen: Schlepper mit Stromversorgung durch bewegliche Kabel und Antrieb des Pfluges durch Seilzug und Winde. Als günstigstes Arbeitsverfahren wird im englischen Bericht die Stromabnahme aus festen Leitungen mit Anschluß des Schleppers an fahrbare Umformer empfohlen. Damit lassen sich naturgemäß Unebenheiten des Kulturbodens leichter überwinden.

Frankreich betont mit aller Deutlichkeit die Notwendigkeit einer stärkeren Bodenbearbeitung. 42 vH der gesamten Fläche Frankreichs sind angebaut; die Elektrizität könnte auf mehr als 10 Mill. ha Anwendung finden. Der von den Fachleuten gegenwärtig am meisten bevorzugte elektrische Pflug besteht aus zwei Seilwinden, die auf jeder Seite des zu bearbeitenden Feldes aufgestellt sind. Sie ziehen den drei- bis vierscharigen Wendepflug im einen oder andern Sinn über den Acker. Der Arbeitsbedarf der Winde beträgt rd. 100 bis 150 PS, das Gewicht 15 t. Bei Compiègne wurden z. B. bei einer Furchentiefe von 25 bis 30 cm mit nur zwei Mann Bedienung täglich 5 ha gepflügt. Mit einer derartigen Ausrüstung können im Jahre selbst bei ziemlich unebenem Gelände 600 ha gepflügt werden. Der mittlere jährliche Kraftaufwand erreicht 80 kWh/ha.

Im mittleren Frankreich hat die *Bewässerung* mittels elektrisch angetriebener Pumpen, ähnlich wie in Amerika, zu einer bedeutenden Anwendung der Elektrizität geführt. In gewissen Gegenden wurde durch zweckmäßige Bewässerung der Wert der Bodenfläche von null auf 30 bis 40 000 Fr/ha[2]) gesteigert. Der mittlere jährliche Kraftaufwand für 1 l/s Wassermenge beträgt etwa 100 kWh/ha.

Neben der Steigerung der Bodenerträgnisse durch mechanische Arbeit wendet sich die französische Landwirtschaftstechnik auch der *Elektrokultur* nach dem Bestrahlungsverfahren zu. Die Versuche wurden mit atmosphärischer Elektrizität, statischer Elektrizität, Niederspannung, Hochspannung und Hochfrequenzströmen in der Weise durchgeführt, daß alle diese Ströme aus einem über die Felder gespannten Metallnetz zur Erde kamen. Bis heute scheinen die Versuche mit Hochfrequenzströmen oder mit Entladungen von Hochspannung am meisten Erfolge gezeitigt zu haben.

Mit Bezug auf *künstliche Trocknung* von Feldfrüchten und Heu werden Versuche mit einem Verfahren gemacht, das von dem Engländer Borlase *Matthews* angegeben worden ist und zunächst zum Trocknen eines Grasballens durch warme Luft benutzt wird.

Wegen der ziemlich weit auseinanderliegenden Gehöfte ist die Umstellung auf elektrischen Betrieb mehr eine geldliche als eine technische Frage. Der Staat hat in den letzten Jahren viel geholfen, und zwar durch nicht rückzahlbare Zuschüsse an Genossenschaften und Landwirte, sowie durch langfristige Darlehen mit einem Zinsfuß von höchstens 3 vH. Im Jahre 1923 wurden vom Parlament hierfür 600 Mill. Fr bewilligt.

In der *Schweiz* ist die Anwendung der Elektrizität zu landwirtschaftlichen Zwecken umfassender als in allen andern Ländern, wenn auch, wie bereits erwähnt wurde, der spezifische Kraftverbrauch in Staaten mit überwiegendem Getreidebau bedeutender ist. Eine große Rolle spielt die Elektrizität in der *Milchwirtschaft*, sodann in der *Mosterei*, in der *Frischhaltung von Futter und Früchten*, namentlich beim Obstdörren, dann aber auch in der landwirtschaftlichen Haus- und Futterküche.

Das elektrische Melken hat sich noch sehr wenig eingebürgert, und zwar aus Gründen, die schon bei der Besprechung der deutschen Verhältnisse erwähnt wurden, noch verschärft durch die vielleicht noch größere Sorgfalt, die der schweizerische Landwirt seinem Vieh angedeihen läßt. Erst nach Überwindung zahlreicher Schwierigkeiten konnte Direktor *Ringwald*, der schweizerische Generalberichterstatter, das elektrische Melken anläßlich der Schweizerischen Landwirtschaftlichen Ausstellung im Jahre 1925 in Bern an lebenden Kühen vorführen lassen. Auch zur Errichtung einer Versuchsanlage wollten sich in der Innerschweiz keine Landwirte hergeben, bis man ihnen eine vollkommene Kostendeckung für die zu melkenden Kühe in Aussicht stellte. Bei den ausgesprochen auf Landwirtschaft eingestellten Bauernbetrieben spielt naturgemäß der Melkvorgang die größte Rolle. Daher kommt es auch, daß der Obermelker auf dem schweizerischen Gutshofe weitaus die höchste Besoldung bezieht. Da diese Ausgaben jedoch immer drückender werden und die Zahl der tüchtigen Melker zurückgeht, wird auch der schweizerische Landwirt sich nunmehr dem Maschinenmelken zuwenden müssen.

Eine Einrichtung von großer Bedeutung hat der schweizerische Bauernverband in der Trieur-Stiftung geschaffen; dieses Institut prüft in Verbindung mit schweizerischen Landwirten fortgesetzt alle auf den Markt kommenden Neuerungen als vollkommen unparteiische Stelle und gibt so den Landwirten die nötige Auskunft über alle bemerkenswerten Erscheinungen.

Über den spezifischen Kraftverbrauch und wirtschaftliche Ergebnisse in der Schweiz im Vergleich zu andern Ländern gibt Zahlentafel 1 Auskunft.

Dänemark weist auf die beachtliche Tatsache hin, daß bei einer Einwohnerzahl von rd. 3 Mill. Köpfen jährlich etwa 120 Mill. kg Butter, 190 Mill. kg Schweinefleisch und 800 Mill. Eier ausgeführt werden und daß die Elektrizität in diesem Hauptgewerbe eine sehr ausgedehnte Verwendung gefunden habe. Leider läßt der Bericht nähere Angaben über die vielseitigen Verwendungsarten der Elektrizität in der Landwirtschaft vermissen, er befaßt sich in der Hauptsache mit *betriebstechnischen Verhältnissen*. In Übereinstimmung mit den Erfahrungen in Deutschland und in der Schweiz befürwortet man eine Verteilspannung von 220 bis 380 V. Die klimatischen Verhältnisse in Dänemark bedingen bei den dortigen Einrichtungen meistens größere Isolatoren und besonders gute Innenisolation.

In *Norwegen* werden von 10 Mill. kW verfügbaren Wasserkräften rd. 1,4 Mill. kW ausgenutzt. Die Jahreserzeugung beträgt etwa 7 Milliarden kWh. Von dieser Kraftmenge fallen rd. 5,5 Milliarden kWh auf die elektrochemische, elektrothermische und Holzveredelungsindustrie, der Rest von rd. 1,5 Milliarden dient für die allgemeine Elektrizitätsversorgung, die auch etwa 57 vH der Landwirtschaft treibenden Kreise umfaßt. Der auffallend hohe mittlere Verbrauch von 450 kWh/Landwirt hängt mit der Tarifgestaltung zusammen, da die meisten Werke den Strom zum Pauschsatz von etwa 100 bis 300 Kr/kW verkaufen. Die Abnehmer haben dann das Recht, die Energie während 8760 h des Jahres auszunutzen. Diese Tarifpolitik hängt selbstverständlich mit dem Überreichtum an billig ausbaufähigen Wasserkräften zusammen.

Die *Erwärmung des Trinkwassers* für das Vieh wurde besonders erwähnt. Auch in schweizerischen Schweinemastanstalten ist festgestellt worden, daß bei Verabreichung warmer Getränke und einer gewissen günstigsten Stalltemperatur namentlich im Winter der Futterverbrauch bei steigendem Körpergewicht geringer war als bei kalter Tränkung und tieferer Stalltemperatur.

Die bemerkenswerten statistischen Ergebnisse, die sich auf eine Umfrage bei 391 landwirtschaftlichen Betrieben in Norwegen stützen, sind in Zahlentafel 1 denen der andern Länder gegenübergestellt.

Schlußfolgerungen

Aus den verschiedenen Einzelberichten und dem vorstehenden Auszug geht der Stand der Umstellung auf elektrischen Betrieb in den verschiedenen Ländern ziemlich deutlich hervor. Beim Meinungsaustausch über die Berichte wandte man sich insbesondere den noch zu lösenden Fragen zu, wobei folgende Anregungen gegeben wurden:

1. Darüber, daß die Verwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft in jeder Hinsicht wirtschaftlich fördernd wirkt, besteht nach den heutigen Feststellungen kein

[2]) Inflationsfranken.

eifel mehr. Dagegen ist stets im Auge zu behalten, wie it die Belastung mit den Anschaffungskosten d den Ausgaben für den Strom gehen darf, nit der Landwirt mit Elektrizität noch wirtschaftlicher eiten kann als mit andern Kraftquellen.

2. Das elektrische Melken kann heute unter wendung der neuesten Melkmaschinen den Landwirten, mehr als etwa 10 Stück Vieh haben, empfohlen werden. hat sich bei vielen länger dauernden Versuchen heraus-tellt, daß bei Melkmaschinenanlagen der Bakteriengehalt der Milch ganz bedeutend geringer ist als beim Hand-lken. Bei genossenschaftlichen Betrieben mit Käserei nte folgender Weg eingeschlagen werden: Die Ge-senschaften richten ihre Viehställe nur mit den nötig-n Luftleitungen ein; die Luft- und die Saugpumpe be-len sich samt dem Elektromotor auf einem Fahrzeug, nso die Milchgefäße. Das Fahrzeug fährt täglich vor Ställe, der Anschluß an die Luftpumpe und den Motor d hergestellt, die von der Fahrzeugbedienung mitge-chten Milchgefäße und Saugeinrichtungen werden an-chlossen und die Milchkannen nach dem Melken sogleich h der Käserei gebracht. Die durch diese Reihenmelkung stehende Verschiebung in der Milchabgabezeit ist nicht ädlich; es ist ganz gleich, ob die Kühe um 3 h oder um h nachmittags gemolken werden, wenn dies nur jeden g um die gleiche Zeit geschieht. In der Aussprache rde indessen das genossenschaftliche Melken von den tschen Vertretern als nicht durchführbar bezeichnet.

3. Die Milch enthält verschiedene schädliche Mikroben. steht bereits fest, daß ultraviolette Strahlen ignet sind, photochemisch oder durch Schwingungen engend zu wirken, indem sie die dem Menschen oder der käsung schädlichen Mikroben zu schwächen vermögen. rsuche haben ergeben, daß, wenn die Milch in sehr ner Schicht getroffen wird, durch eine solche Bestrah-g der Erreger der Buttersäure derart geschädigt wird, von 1000 lebenden Bazillen in einem Kubikzentimeter ch nur noch 10 übrig bleiben. Die Bestrahlung andrer nrungsmittel als Milch ist auch schon versucht worden, Teil bei Trinkwasser mit Erfolg.

Zahlentafel 1
Wirtschaftliche Zusammenstellungen

	Deutschland	Japan	England	Schweiz	Norwegen
amtbevölkerung Mill.	63,22	60	44,92	3,88	2,71
ıdw. Bevölkerung „	20	—	—	1	1,9 [1]
„ „ vH	31	—	—	26	70
amtausdehnung Mill. ha	47,2	38,85	24,4	4,13	32,38
baufläche ohne Välder . . . . „ „	28	—	18,7	2,27	2,26
gl. . . . . vH	59	16	77	55	7
ıl der landwirtschaftl. etriebe . . . . . Mill.	5	—	—	0,25	—
sdehnung des Einzel-etriebes i. M. . . . ha	5,6	0,5 bis 1	—	9	—
ıdw. Bevölkerungs-ichte . . Kopfzahl/ha	1,4	—	—	4	0,08
amterzeugung 1925 für llgem. Versorgung Mill. kWh	11 400	—	3900	1740	1500
atz an die andwirtschaft „ „	1 030	—	—	50	610
vH	9	—	—	3	40
rl. Verbrauch je Ein-ohner insgesamt kWh	180	—	86,5	450	550
rl. Verbrauch je landw. ewohner . . . . kWh	50	—	—	50	450 [2]
rl. Verbrauch, bezogen ıf die Anbaufläche kWh/ha	24	—	23,5	22	210 [3]
schlußwert . Mill. kW	5	—	—	0,27 [4]	—
„ . . kW/ha	0,18	—	—	0,12	0,87 [3]
richtungskosten rd. Mill. Fr.	—	—	—	250	—
richtungskosten rd. Fr./ha	—	—	—	110	—

[1] Hiervon wohnen 1,06 Mill. gleich 57 vH im Bereiche der Kraft-k-Verteilnetze. [2] Wahrscheinlich viel Heiz- und Kochstrom, um-chnet auf Licht und Motorbetrieb rd. 60 kWh. [3] Mittelwerte aus iutsbetrieben. [4] Ungenauer Wert.

4. Das Futter muß weiterhin namentlich in Gegenden von zweifelhaftem Klima im Frühjahr frisch gehalten werden. Die bis jetzt hierzu geschaffenen Einrichtungen gestatten kein abschließendes Urteil. Das künstlich getrocknete Heu hat nahezu 20 vH mehr Nährwerte als das natürlich getrocknete. Wenn es gelänge, z. B. in der Schweiz nur ⅓ der Heuernte durch künstliche Trocknung vor dem Verfaulen oder Verholzen zu retten, so würden rd. 30 Mill. Fr für einzuführende Kraftfuttermittel erspart.

5. Bei Versuchen auf dem Gebiete der Elektrokultur scheint man in England mit der Verwendung von hochgespanntem Gleichstrom, der aus einem Drahtnetz über den Pflanzen durch die Luft nach dem Boden strömt, gewisse Erfolge erzielt zu haben, was auch darauf zurückzuführen ist, daß das englische Klima (Feuchtigkeit und Salzgehalt der Luft) günstige Eigenschaften hat. Dem französischen Bericht ist jedoch zu entnehmen, daß an Stelle von hochgespanntem Gleichstrom die Verwendung von Hochfrequenzströmen vorteilhafter ist. Die in Deutschland und in der Schweiz durchgeführten Versuche führten nicht zu einem brauchbaren Ergebnis. Dagegen hat die Bestrahlung von Pflanzen mit gewöhnlichem elektrischem Licht in Gärtnereien ganz augenfällige Erfolge gebracht, während die Verwendung der Beleuchtung auf Feldern noch nicht so in die Augen springende Vorteile ergab wie bei den Blumen. Die künstliche Beleuchtung setzt nachts die Photosynthese, die am Tage durch das Sonnenlicht besorgt wird, in bescheidenem Maße fort, so daß auch nachts Kohlensäure von grünen Blättern aufgenommen und zum Aufbau von Kohlehydraten verarbeitet wird.

Bei der Besprechung der Elektrokultur muß auch noch ein Verfahren erwähnt werden, über das Pirovano, Vaprio d'Adda, berichtet. Er verwendet ein elektrisches Feld, um die Pollen der Blüten zu behandeln und erreicht so eine willkürliche Veränderung der Keimzellen an den verschiedenen Pflanzen. So gelingt es ihm, Mohn, Melonen, Kürbisse, Gurken, Trauben und andre Arten hervorzubringen, die viel ertragreicher sind als die normalen Pflanzen.

Endlich sei noch die Bestrahlung von jungem Geflügel mit ultravioletten Strahlen erwähnt, worüber in Amerika wissenschaftlich nachgewiesene Erfolge vorliegen. Auch in Europa sind bereits Versuche mit anscheinend gutem Erfolge durchgeführt worden.

Ferner hat sich gezeigt, daß Nahrungsmittel, die Vitamine der Klasse D enthalten, durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht antirachitische Eigenschaften erhalten. So kann man z. B. Milch und Fischtran bestrahlen, die, von rachitischen Kindern eingenommen, bald günstige Wirkungen auslösen. Man kann auch Futtergetreide und Heu, Gras usw. bestrahlen, wobei sich Sauerstoff (0,3) chemisch anlagert und bei der Verarbeitung des Futters auf die Milch übergeht, so daß Kühe, die mit solchen Stoffen gefüttert werden, unmittelbar antirachitische Milch liefern.

6. Die Insektenbekämpfung mit elektrischem Licht ist, wie der japanische Bericht zeigt, unerläßlich, weil die Raupen in den Reisfeldern große Zerstörungen anrichten. Das Verfahren erscheint auch anwendbar gegen Insekten in unsern Obstgärten, Wäldern und Getreidespeichern, namentlich aber um die Übertragung von schädlichen Keimen auf Pflanzen, Tiere und Menschen (Epidemien) zu verhindern.

7. Die Unfallverhütung sollte besonders auf dem Lande gut ausgebildet sein. Der Landwirt ist seit jeher daran gewöhnt, bei irgendeinem Fehler an einem Gerät sich selbst zu helfen. In entlegenen Gebieten muß das landwirtschaftliche Personal so weit unterrichtet sein, daß es kleine Mängel an den Anlagen wirklich auch selbst beheben kann. Dann bedarf es aber auch der Unterweisung, wie der Strom vor jeder Arbeit an der richtigen Stelle auszuschalten ist. In Gegenden, wo leicht Fachpersonal zur Verfügung steht, ist dahin zu wirken, daß das landwirtschaftliche Personal nicht zur Selbsthilfe greift.

Um alle diese Fragen wirksam zu fördern, wäre die Bildung von Ausschüssen in den verschiedenen Ländern angezeigt. Vielleicht wäre auch ein zwischenstaatlicher Ausschuß ins Leben zu rufen, der den Gedankenaustausch von Land zu Land förderte. Die Elektrizität ist sicher dazu berufen, der Menschheit noch weit größere Dienste zu leisten, als dies heute geschieht. Für das gedeihliche Fortschreiten dieser Elektrizitätsanwendungen ist aber Bedingung, daß Forscher, Landwirt, Elektrizitätserzeuger und Wirtschaftler harmonisch zusammenwirken. [N 157]

Stettin A. Petri

RUNDSCHAU

Mechanik

Tagung des Ausschusses für mechanische Schwingungen

am 25. und 26. März 1927 in Braunschweig

Der Ausschuß für mechanische Schwingungen beim Wissenschaftlichen Beirat des Vereines deutscher Ingenieure hielt seine diesjährige Jahressitzung in Braunschweig ab. In den Vorträgen wurden Fragen der Schwingungsfestigkeit und Raumakustik von Architekten, Ingenieuren und Physikern behandelt.

Als erster Redner gab Prof. Dr.-Ing. O. Föppl, Braunschweig, einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Meßverfahren für Schwingungen und den augenblicklichen Stand der Versuche in Deutschland. Zusammenfassend können aus den bisherigen Versuchen folgende Lehren gezogen werden:

1. Die Versuche sollen möglichst einfach durchführbar sein. Es genügt, die Schwingungsfestigkeit festzustellen.
2. Die Wechselschnelle hat keinen oder nur unbedeutenden Einfluß auf die Schwingungsfestigkeit. Um die Versuche rasch durchführen zu können, ist es deshalb erwünscht, die sekundliche Wechselzahl der Maschine recht hoch anzusetzen.
3. Es muß dafür gesorgt sein, daß der Bruch an einem glatten Stück des Probestabes in genügender Entfernung von Störungstellen eintritt.
4. Es sollen zusätzliche Stöße im Probestab vermieden werden, am einfachsten ist dies durch die Beanspruchung bei der Eigenschwingungszahl zu erreichen.
5. Die auftretende Spannung wird am genauesten aus der unmittelbar gemessenen Verformung des Probestabes ermittelt.

Die eigentlichen Versuche zur Bestimmung der Schwingungsfestigkeit von Baustoffen werden zur Zeit wohl ausschließlich in einer der folgenden drei Arten vorgenommen:

1. Biegeversuche von umlaufenden Stäben,
2. Zug-Druckversuche mit Eigenschwingung nach dem Verfahren von Hahnemann und Hecht und
3. Schubversuche mit Eigenschwingung durch Verdrehung von zylindrischen Stäben oder Rohren.

Bei den Versuchen zu 2 und 3 wird die Schwingungsbeanspruchung durch wirkliche Schwingungen hervorgerufen.

Die von Professor Föppl und seinen Mitarbeitern benutzten Versuchseinrichtungen wurden im Festigkeitslaboratorium der Hochschule besichtigt, wobei Dipl.-Ing. Pertz eine neue Ausschwingmaschine zur Feststellung der Baustoffdämpfung und Dipl.-Ing. v. Heydekampf eine neue Auswuchtmaschine zur Beseitigung störender Schwingungen von Gründungen im Betriebe zeigten.

Über die Beseitigung von Schwingungen ausgeführter Gründungen großer Maschinen sprach Prof. Dr.-Ing. Blaeß, Darmstadt, und erläuterte die Bewegungen von Gründungen anschaulich an einem besondern Modell. Auf Grund des Schwerpunktsatzes und des Momentensatzes der Dynamik lassen sich die Bewegungsgleichungen einer Gründung durch sechs Gleichungen darstellen, in denen x, y und z die Komponenten der augenblicklichen Lage des Schwerpunktes und φ, ψ und χ die Drehkomponenten bezüglich eines mit der z-Achse parallel zur Hauptwelle der Maschine liegenden Achsenkreuzes bedeuten. Die partikulare Lösung ergibt

$$x = A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t,$$
$$y = A_2 \cos \omega t + B_2 \sin \omega t,$$
$$z = A_3 \cos \omega t + B_3 \sin \omega t,$$
$$\varphi = A_{I} \cos \omega t + B_{I} \sin \omega t,$$
$$\psi = A_{II} \cos \omega t + B_{II} \sin \omega t,$$
$$\chi = A_{III} \cos \omega t + B_{III} \sin \omega t.$$

Diese Ausdrücke werden in die Differentialgleichungen eingesetzt und das Verschwinden der sich ergebenden Determinante ermittelt. Daraus folgt, daß die schwingende Gründung, einerlei ob mit oder ohne Kreiselwirkung, sechsmal in Resonanz gerät. Jeder Punkt der Gründung beschreibt eine Ellipse im Raum. Die Gegend um diesen Punkt macht zwar diese Bewegung mit, sie vollzieht aber gleichzeitig eine harmonisch verlaufende Drehbewegung. Die Schwingbewegung um einen Punkt der Gründung ist unabhängig von seiner Lage.

Dr.-Ing. Kühnel, Berlin, behandelte die Gefal[hr] der Schwingungsbeanspruchung für den W[erk]stoff[1]). Er hat im Gebiete der deutschen Reichsbahn wäh[rend] sechs Jahren alle bekanntgewordenen Fälle von Dauerbrü[chen] untersucht. Bei Bauteilen besteht für geringe zusätzl[iche] Beanspruchungen und periodische Lastwechsel, sowohl [in]folge irgendwelcher zusätzlich auftretenden, an sich [ge]ringen Kräfte als auch infolge unbedeutender Werkst[off]fehler die Gefahr eines allmählichen Zubruchgehens von [der] zusätzlich beanspruchten Stelle aus. An etwa 25 Licht[bil]dern von Teilen von Lokomotiven, Wagen und dem Ober[bau] wies der Vortragende nach, wie das Zubruchgehen [des] Werkstoffes erfolgt ist. Teils gaben dabei an sich be[deu]tungslose Fehler den Anlaß zur Ausbildung eines Dau[er]bruches, teils waren es irgendwelche zusätzliche Beans[pru]chungen, die sich aus der Betriebsart ergaben.

Über neuere Ergebnisse ihrer Schwingungsv[er]suche sprachen Dr.-Ing. Lehr, Darmstadt, Prof. Mem[me]ler, Dahlem, und Dipl.-Ing. Becker, Braunschweig. [In] Darmstadt und Dahlem sind Probestäbe aus Eisen und Me[tall] auf schwingende Biegefestigkeit und auf reine Zug-Dru[ck]-Festigkeit, in Braunschweig auf Schubfestigkeit bei D[reh]schwingungen untersucht worden.

Einen beachtenswerten Beitrag zur Frage der Dau[er]festigkeit gab Prof. Dr. Smekal, Wien, auf Gr[und] seiner neueren Arbeiten über den Feinbau des Stoffes. [Das] Ergebnis der Röntgenuntersuchungen scheint darzutun, [daß] die Kristallatome in mehr oder minder hochsymmetrisc[hen] Raumgittern angeordnet sind. Wäre diese Anordnu[ng] vollkommen fehlerfrei, so müßten die wirklichen Krist[alle] über hundertmal stärkere elastische Dehnungen aushal[ten], als sie es tatsächlich tun. Man muß daraus folgern, [daß] die wirklichen Kristalle, die unsere Werkstoffe Korn [an] Korn zusammensetzen, keine idealen Atomgitter sind, s[on]dern Fehlstellen aufweisen. Bei Steinsalz, Sylvin usw. ka[nn] man die Lockerstellen der Kristalle ohne zeitraubende [und] schwierige elektrische und optische Messungen unmittel[bar] sichtbar machen. Es zeigt sich, daß die Lockerstellen [für] die Gleitebenenbildung im verformten Kristall wesent[lich] sind, Verformung und Verfestigung gehen mit einer [Ab]nahme der Lockerstellen einher.

Der auffallende Unterschied zwischen den „technisch[en]" und den „molekularen" Festigkeitseigenschaften ist [auf] Lockerstellen des Kristallbaues zwischen ideal gebau[ten] Gitterbereichen von begrenzter Ausdehnung zurückzufüh[ren]. Da der Zusammenhang zwischen äußerer technischer [Be]anspruchung und örtlicher Höchstspannung im Atom du[rch] die Gestalt der Lockerstellen bedingt wird, ist es mög[lich] und wahrscheinlich, daß der Einkristall streng genom[men] weder eine bestimmte Elastizitätsgrenze noch eine bestim[mte] endliche Schwingungsfestigkeit hat.

Der Schwingungsausschuß hat im vergangenen Ja[hre] gleichzeitig mit Versuchen über die Dauerfestigkeit [des] Werkstoffes bei schwingender Zug-Druck-Beanspruchu[ng] auch Versuche zur Bestimmung der Energieaufnahme, a[lso] der Dämpfungsfähigkeit eingeleitet; diese fü[hrt] Prof. Esau, Jena, durch. Die Versuchseinricht[ung] stellt ein mechanisches Schwingungsgebilde nach Art [des] Tonpilzes dar: zwei Massen, dazwischen ein elastisc[hes] Bindeglied, das aus den jeweils zu untersuchenden We[rk]stoffen in Stabform besteht. Die Schwingung von 500 Pe[r/s] wird auf einen Film, der mit 60 m/s Geschwindigkeit [ab]rollt, aufgezeichnet. Eine stets gleiche Amplitude wu[rde] durch besondere Vorsichtsmaßregeln erreicht; bisher wu[rde] die Dämpfung in einigen Fällen ermittelt.

Die bekannten Schwingungsmeßverfahr[en] behandelte Dr.-Ing. Steuding, Breslau, dessen umfasse[nde] Arbeit über die gleiche Frage im vergangenen Jahre v[om] Wissenschaftlichen Beirat des Vereines deutscher Ingenie[ure] mit dem ersten Preis ausgezeichnet wurde. Dr. Steud[ing] stellte zur Beurteilung der einzelnen Verfahren und [Ge]räte drei notwendige und hinreichende Bedingungen a[uf]:

1. Das Meßverfahren soll nach Möglichkeit den zu m[es]senden Vorgang nicht oder nur wenig beeinflussen.
2. Der zu messende Vorgang soll möglichst get[reu] wiedergegeben werden.
3. Der Meßvorgang soll rechnerisch verfolgt und [die] kennzeichnenden Beiwerte des Meßgerätes leicht [und] genau bestimmt werden können.

Nach diesen Gesichtspunkten wurden die verschiedenen V[er]fahren besprochen[2]).

[1]) Ausführlich veröffentlicht in Z. Bd. 71 (1927) S. 557.
[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 595.

Die Verhandlungen über raumakustische Fragen wurden durch eine Besichtigung der Werkstätten sowie des Laboratoriums der Klavierfabrik von Grotrian-Steinweg eingeleitet und durch einen Orgelvortrag in dem akustisch sehr guten Braunschweiger Dom abgeschlossen.

Als erster Vortragender gab Prof. Dr.-Ing. Michel, Hannover, einen Überblick über notwendige wissenschaftliche Forschungen der Raumakustik. Bei der Raumakustik haben wir es mit drei Hauptarten von Schwingungserscheinungen zu tun, nämlich mit dem Reflex oder Rückwurf, mit der Interferenz oder Einschwingung und mit der Resonanz oder Mitschwingung. Mitschwingungen werden besonders leicht von Holz aufgenommen, wodurch dem im Raum erklingenden Ton eine größere Fülle und Wärme verliehen wird.

Für die Untersuchung der Nachhalldauer eines Bauentwurfes sind rechnerische Verfahren besonders von Sabine entwickelt worden. Seine Zahlenwerte müssen aber besonders für unsere deutschen Werkstoffe und Bauverhältnisse noch ergänzt werden. Es ist zu untersuchen, wie sich das Absorptionsvermögen der verschiedenen Baustoffe mit wechselnder Tonstärke ändert. Sehr wichtig ist zunächst eine einheitliche Festlegung der in der Schalltechnik vorkommenden Maßeinheiten und Begriffbestimmungen. In ähnlich scharfer Weise wie Reflex und Nachhall müssen Tongüte und Resonanz erfaßt werden. Die von Prof. Michel aufgeworfenen Fragen werden vom Schwingungsausschuß weiter verfolgt werden.

Über Versuche zur Messung von Luftschall bei verschiedenen Werkstoffen und Wandkonstruktionen berichtete Dr.-Ing. Reiher, München. Zur Dämpfung von sogenanntem „Bodenschall", also Schall in Stoffen mit großer Schallhärte, bewährt sich meist die Einschaltung schallweicher Mittel (Luft, elastische Zwischenlagen usw.). Bei „Luftschall" hingegen genügt eine Wand aus schallhartem Baustoff im allgemeinen nicht, weil nur der kleinste Teil der Schallenergie in Form von elastischen Wellen im Wandstoff übertragen wird. Der Hauptanteil gelangt dadurch auf die zweite Wandseite, daß die Wand als Ganzes in Biegungsschwingungen versetzt und daß ferner durch Poren und Ritzen Energie übertragen wird. Die Reiherschen Versuche zeigen deutlich den ungünstigen Einfluß von eingeschlossenen Lufträumen, Poren und Ritzen. So läßt zum Beispiel ein Doppelfenster gewöhnlicher Art bei besonders sorgfältiger, gewöhnlicher oder schlechter Einspannung Schallstärken durch, die sich etwa wie 1 : 20 : 100 verhalten.

Dr.-Ing. Erwin Meyer, Berlin, berichtete über Schallmeßverfahren. Er beschränkte sich auf die objektiven Verfahren und beschrieb eine Anordnung, mit der Druckamplituden des Luftschalles bis hinab zu sehr geringen Energien durch rein elektrische Messungen bestimmt werden können. Als Schallaufnahmeteil wird ein Kondensatormikrophon benutzt, das aus einer Metallmembran und einer metallenen Gegenplatte besteht. Fällt Schall auf die Membran, so treten infolge der Membranbewegung Kapazitätsänderungen auf. Die auf die Membran wirkenden akustischen Kräfte werden nun bei reinen Tönen durch elektrostatische Kräfte gerade ausgeglichen. Diese lassen sich in einfacher Weise durch Anlegung einer Gleichspannung und einer Wechselspannung von gleicher Schwingungszahl wie der Ton herstellen.

An die Vorträge jeder Halbtagsitzung schloß sich eine rege Aussprache, an der sich Vertreter der Hochschulen und der Praxis, Physiker und Ingenieure beteiligten. Ein Sonderdruck mit ausführlichen Auszügen der Vorträge ist soeben vom Schwingungsausschuß veröffentlicht worden und zum Preise von 1,25 ℳ von der Geschäftstelle des Vereines deutscher Ingenieure zu beziehen. [N 366]

Berlin Dr.-Ing. Adrian

Aus dem Ausland

Aufbereitung

Über die Aufbereitung von Erzen und Kohlen in Amerika

Die größten Fortschritte bei der Erzaufbereitung[1]) im Jahre 1926 kann wiederum die Schwimmaufbereitung für sich in Anspruch nehmen, obgleich auch für das Gesamtgebiet eine ständige Ausdehnung in Form von Neuanlagen und Umbauten und eine fortschreitende Verbesserung der Verfahren festzustellen ist. Diese Entwicklung ist einmal zurückzuführen auf die allgemein günstige Lage der Metallindustrie, sodann auf die im Erzbergbau vor sich gehende zwangläufige Umstellung von der Gewinnung reicherer, sofort verkaufbarer Erze auf den Abbau ärmerer, nur durch Aufbereitung nutzbar zu machender Lagerstätten. Hand in Hand damit geht die Abnahme der Zahl der kleinen Gruben. Sehr treffend wird diese allgemeine Richtung durch die außerordentlich schnelle Zunahme der Aufbereitanlagen in Mexiko während der letzten zwei oder drei Jahre gekennzeichnet. Sogar in den Eisenerzrevieren des Oberen Sees zwingt die Notwendigkeit einer haushälterischen Bewirtschaftung der Lagerstätten zu einer ernsthaften Stellungnahme zu Aufbereitungsfragen.

Grobbrecher werden mehr und mehr typisiert. Für die Chile Copper Co. ist der erste 1200 mm-Kreiselbrecher von annähernd 500 t Gewicht fertiggestellt worden[2]). Er zerkleinert Stücke von 1500 mm auf 300 mm bei einer Leistung von 2000 bis 2500 t/h. Der neue Symons-Kegelbrecher (Mittelding zwischen Kreisel- und Diskusbrecher mit senkrechter Welle) ist mit gutem Erfolg in Betrieb.

Bei der Feinzerkleinerung durch Stab- und Kugelmühlen wendet man allgemein den geschlossenen Kreislauf an, da er wirksamer ist als der offene. Bei der Lake Shore-Aufbereitung vermindert sich dadurch der Verbrauch an Kugeln von 2,7 auf 1,5 kg/t, an Kraft von 305 auf 290 PS, an Kosten von 1,51 auf 0,92 ℳ/t, wozu noch 0,25 ℳ/t Ersparnisse an Mühlenfutter kommen.

Für die Zerkleinerung in Kugelmühlen dienen fast allgemein Kugeln, obgleich auch Würfel und unregelmäßig begrenzte Metallkörper gelegentlich benutzt werden. Untersuchungen über die Wirkung von Würfeln, Stäben und Kugeln ergaben, daß bei Würfeln unnötige Schlämme vermieden werden.

Zweifach-Zerkleinerung in Verbundmühlen hat für Erze keinen Eingang gefunden, trotz ihrer erfolgreichen Anwendung in der Zementindustrie. Die Williamson-Rohrmühle mit besonderer Futterausbildung hat sich erfolgreich eingeführt. Die Gummifütterung von Mühlen nimmt zu; neu sind übrigens auch gummigefütterte Rohrleitungen für sandige Schlämme.

Theorie der Zerkleinerung: Durch Untersuchungen des Bureau of Mines wurden neue Meßverfahren zur Berechnung der Gesamtoberfläche einer Menge von Erzkörnern aufgestellt; die Untersuchungen bestätigten Rittingers Theorie[3]). Rose[4]) schlägt den „Mahlindex" auf Grund von durch Siebanalysen erhaltenen Maßzahlen vor, um wirkliche Oberflächenausmessungen zu vermeiden. Gaudin[5]) zeigt, daß homogene und verwachsene Gesteine verschiedenen Gesetzmäßigkeiten bei der Zerkleinerung folgen. Auch seine Ergebnisse bestätigen Rittingers Anschauungen.

Die beliebten Vibratorsiebe sind mit drei Neukonstruktionen auf dem Markt erschienen.

Die Nachfrage nach besseren Klassierern für den geschlossenen Kreislauf beim Mahlen bewirkte die Konstruktion des von der Dorrgesellschaft gebauten Fahrenwald-Klassierers, der die augenblicklich beste Ausführung der hydraulischen Klassierer darstellen soll. In den Goldaufbereitungen Südafrikas ist festgestellt, daß Dorrklassierer in geschlossenem Kreislauf besser arbeiten als Kegelklassierer. Wird die Leistung des Kegels mit 100 bezeichnet, so kennzeichnet 117 den gewöhnlichen Dorrklassierer, 125 den Dorrklassierer mit Schüssel.

Zu dem Gentner- und Oliver Borden-Eindicker gesellt sich der neue Sweetland-Eindicker der United Filters Co. Mit dem Hydrotator ist Hochofenflugstaub-Trübe erfolgreich eingedickt worden.

Die Theorie der Gleichfälligkeit und der Vorgänge bei der Sortierung sind durch Versuche des Bureau of Mines an Setzmaschinen, Herden und Klassierern erweitert worden.

Wesentliche Änderungen an Setzmaschinen und Herden sind nicht zu verzeichnen. Setzvorgänge bei Joplin-Zinkerzen und Illinois-Flußspat sind verbessert. Durch neuartige Verbindung von Setzen, ausgedehntem Gleichfälligkeitsklassieren und Herdwaschen konnte ein befriedigendes Flußspatkonzentrat von 100 Maschen Feinheit erhalten werden.

Die Schwimmaufbereitung wurde neu angewendet: in Trail zur Trennung des Flußspats von kieseliger Gangart; in Birmingham, wo das Bureau of Mines versuchsweise Kalk von Quarz aus Hochofenstaub aufbereitete. Für die Schwimmaufbereitung von Eisenoxyden bestehen gute Aussichten.

[1]) Eng. Min. Journal Bd. 123 (1927) S. 150.
[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 34.
[3]) Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde; Berlin 1867. S. 19 u. f.
[4]) Eng. Min. Journ. Bd. 122 (1926) S. 331.
[5]) Bull. Amer. Inst. Min. Eng. 1926 Nr. 155.

Die sortenweise arbeitende Schwimmaufbereitung hat die größten Fortschritte gemacht; ihre wirtschaftlich nach jeder Richtung vorteilhafte Anwendung zur Trennung von Zn-, Pb-, Fe-Erzen ist das hervorstechendste Merkmal des Jahres und hat zu ihrer Einführung bei zahlreichen Anlagen geführt[6]). Sie ergibt der Menge und Güte nach besseres Metallausbringen sowie leichter zu verhüttende Konzentrate.

Eine ganze Reihe von Schwimmaufbereitungs-Anlagen sind erweitert worden, z. B. Midvale von 650 auf 800 t, Tooele auf 1000 t täglicher Leistung. Beide Anlagen erzeugen außer Blei 13 000 t Zinkkonzentrate im Monat.

Die Bauer-Aufbereitung verarbeitet 180 bis 200 t täglich und stellt Zinkkonzentrate mit 51,5 vH Zink, 2 vH Blei, Bleikonzentrate mit 40 vH Blei und 4 vH Zink her. Allein Utah hatte 1926 eine Zinkerzeugung von 57 Mill. kg gegen 23,8 Mill. kg 1925, 8,4 Mill. kg 1924, 2,95 Mill. kg 1923.

Die Utah-Apex-Aufbereitung (Birmingham) hat man auf Schwimmaufbereitung nach Sorten umgestellt. Die Vorzüge des Verfahrens mit einem Roherz von 9,6 vH Blei, 7,2 vH Zink ergeben sich aus Zahlentafel 1. Die Anlage arbeitete zunächst als Herdwäsche und gewann nur Blei (1. Verfahren), dann wurde sie auf Bleiflotation umgestellt (2. Verfahren). Das dritte Verfahren bezeichnet die Schwimmaufbereitung von Blei und Zink nach Sorten, das vierte Verfahren den gleichen Vorgang mit Erwärmung des Flotationskreislaufes für Zink. Bei dem vierten Verfahren ergibt sich ein um 21 ℳ/t höherer Gewinn als bei dem ersten Verfahren.

Zahlentafel 1
Ergebnisse verschiedener Aufbereitung

	Ausbringen		Bleikonzentrate		Zinkkonzentrate	
	Pb vH	Zn vH	Pb vH	Zn vH	Zn vH	Pb vH
1. Verfahren . . .	94	—	18	6,0	—	—
2. „ . . .	91	—	53	—	—	—
3. „ . . .	95	74	52	4,9	49	0,5
4. „ . . .	94	88	51	5,7	52	1,5

Eine Abteilung von Utah-Apex verarbeitet Pb-, Cu-, Fe-Sulfide. Blei und Kupfer werden zunächst mit Xanthat flotiert, dadurch verbleibt Eisen im Sinkgut. Den Blei-Kupferschäumen werden 0,45 kg/t Kalk, 0,23 kg/t Natriumsulfid zugesetzt, so daß Blei allein flotiert werden kann.

Bis vor zwei oder drei Jahren war die Schwimmaufbereitung im Joplin-Zinkrevier vernachlässigt. Dann setzte sie im stärksten Ausmaß ein zur Behandlung von Schlämmen und alten Abgängen, so daß jetzt fast alle Anlagen flotieren. Aus einem Ausgangsgut mit 0 bis 2 vH Blei und 5 bis 30 vH Blende werden Bleikonzentrate mit bis 70 vH Blei, Zinkkonzentrate mit 54 bis 57 vH Blende und weniger als 1,5 vH Blei, Abgänge mit weniger als 0,1 vH und 1,25 vH Blende erzeugt. Zahlreiche Anlagen sind in der Literatur eingehend beschrieben worden[7]).

Die Schwimmaufbereitung ist nicht mehr das schwierige Verfahren wie vor einigen Jahren. Der Erfolg ist nicht so sehr gebunden an Wahl der Maschinen und Zusätze als vielmehr an sorgfältige Überwachung der Menge der Zusatzmittel, der allgemeinen Versuchsbedingungen (auch Einflüsse der Temperatur), der Frage, ob saure oder basische Trübe, der Dichte der Trübe usw. Manchmal ist besondre Wasserbehandlung wie bei der Cananea-Anlage notwendig, wo saures Grubenwasser zunächst mit Kalk neutralisiert und von niedergeschlagenen Eisenverbindungen befreit werden muß, ehe es für die Schwimmaufbereitung brauchbar ist. 1925 wurden mehr als 45 Mill. t Erze in den Vereinigten Staaten durch Schwimmaufbereitung verarbeitet. Öle werden mehr und mehr durch sonstige Chemikalien ersetzt. Die Menge der Zusätze nimmt ab. Saure Trübe ist weitgehend durch basische Trübe ersetzt. Kalkzusätze führten bei Druckluftzellen zu Verstopfungen und schnellem Verschleiß der porösen Stoffe. Diese Nachteile sind bei der neuen McIntosh-Zelle mit segeltuchbespanntem, drehbarem Luftzylinder umgangen (gebaut von der General Engineering Co.). Die Forrester Zelle (Globe, Ariz.) vermeidet jegliche Porenträger und zerteilt die Luft unmittelbar in der Trübe.

Die Untersuchungen über Einwirkung von Cyaniden und Alkalien auf die Schwimmaufbereitung von verschiedenen Sulfiden ergaben wertvolle Fingerzeige für da schwierige Gebiet der Theorie der Schwimmaufbereitun und führten zu bemerkenswerten mikrochemischen Unter suchungen. Die Anwendung der Erzmikroskopie auf innig verwachsene komplexe Erze und für das Studium der Einwirkung von Hilfsstoffen der Schwimmaufbereitung auf verschiedene Mineralien ist fast allgemein geworden.

Das Jahr 1926 war für die Kohlenaufbereitung[8]) vo außerordentlicher Lebhaftigkeit sowohl in bezug auf Neu anlagen als auch auf Einführung neuer Verfahren zur Be handlung der Rohkohle. Die hohe Beachtung, welche di Fettkohlenzechen (der nicht ganz zutreffende Ausdruck Fett kohlen für bituminous coal sei der Kürze wegen erlaubt der mechanischen Aufbereitung ihrer Kohlen zuteil werde ließen, ist um so auffälliger, als sie noch verhältnismäßi neu ist. Das sehr schnelle Aufgeben des früher fast all gemein vorhandenen Vorurteils gegen Waschverfahren fäll zusammen mit der Einführung von Lademaschinen in Untertagebetrieb, deren wirtschaftliche Ausnutzung zwang läufig bedingt, daß mit der Rohkohle mehr Berge ver laden werden als beim früheren Handverladen. So ha eigenartigerweise die maschinelle Verladung dazu geführt billige und leistungsfähige Aufbereitverfahren zu ersinnen

Die Anthrazitzechen zeigen weniger Neigung, die Auf bereitverfahren weiter zu entwickeln; man beschränkt sich hier im wesentlichen auf die Behandlung von Feinkohlen Dagegen spielen Brikettierversuche eine bedeutende Rolle namentlich Verfahren unter Zusatz von geringen Menger an kokfähiger Fettkohle.

Die wesentlichsten Neuerungen des Jahres 1926 sind Der Hydrotator, die Rheowäsche[9]), der Arms-Luftherd[10]) der Menzies'-Wäscher. Das Chance-Sandschwimmverfahren führte sich weiter ein.

Ein Überblick über die Entwicklung der Kohlenaufbe reitung während der letzten Jahre zeigt die steigende An wendung mechanischer Verfahren gegenüber Handarbei sowohl für Fettkohlen als auch für Anthrazit. Abgesehen von einigen Bezirken mit besonderen Verhältnissen (z. B dem Birmingham-Bezirk) ist die Einführung von Fett kohlen-Aufbereitanlagen bis vor vier Jahren nur langsam vor sich gegangen. Seither jedoch haben neue Gewinnungs verfahren, die Abnahme der Kohlenvorräte mit niedrigen Schwefelgehalt, hohe Löhne und höhere Ansprüche de Kohlenabnehmer den Bau von Aufbereitanlagen begünstigt

In den Anthrazitbezirken geht das Streben einmal nach weiterem Übergang von Siebereien zu naßmechanischen An lagen, sodann nach Waschverfahren für Feinkohlen unter 8 mm und auch für Kohlenschlämme. Trockenaufbereitungs verfahren sind hier im allgemeinen nicht beliebt, um so mehr Rheowäschen, von denen mehrere bereits in Betrieb andere im Bau oder geplant sind. Von älteren Verfahren breitet sich namentlich das Sandschwimmverfahren von Chance stetig aus, auch Setzwäschen sind neu gebaut.

Die Fettkohlenbezirke bevorzugen trockene Verfahren; mehr als die Hälfte aller Neuanlagen des letzten Jahres arbeiten mit Luftherden. Die vielen Vorteile der Trocken verfahren und der trockenen Verkaufskohle begünstigen ihre Weiterentwicklung. Im Alabama-Bezirk, wie besonders im Nordwesten werden dagegen Naßverfahren vorgezogen. Auch hier lenken die Stromwäschen die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich.

Der Hydrotator ist für Behandlung von Feinkohlen in Betrieb genommen. Ihm bieten sich vielversprechende Entwicklungsmöglichkeiten, da er eine ausgesprochene Feinkohlen-Waschvorrichtung darstellt, frei von den Nachteilen (geringer Durchsatz, hohe Empfindlichkeit, unvollkommene Trennung) der auf Feinkornaufbereitung umgestellten eigentlichen Grobkorn-Waschvorrichtungen (Setzmaschinen usw.).

Das Luft-Sandverfahren hat 1926 zu Teilergebnissen geführt, die weiter zu verfolgen sind. Es handelt sich um ein trocknes Verfahren nach dem Schwimm- und Sinkverfahren, bei dem die Trennung der Rohkohle in einem durch Luftstrom in der Schwebe gehaltenen Sand-Luftgemisch stattfindet. Beanspruchte Vorteile: Trockenes Verfahren, Behandlung ungesiebter Kohle, sehr geringer Luftverbrauch.

Freiberg [N 324] Ivers

Steinkohlenentwässerung mittels Schleuder

Eine weitgehende und schnelle Kohlentrocknung ist besonders bei Feinkohle unter 0,5 mm infolge der großen Oberflächenentwicklung nur schwer durchzuführen und erfordert bei der jetzigen Art der Entwässerung in Entwässerungstürmen lange Zeit und großen Platzbedarf. Ver-

[6]) Eng. Min. Journ. Bd. 121 (1926) S. 405, 597, 756, 917; Bd. 122 (1926) S. 644; Bd. 123 (1927) S. 317. Trans. Am. Inst. Min. Eng. Bd. 73 (1926) S. 354, 372. Min. Mag. Bd. 35 (1926) S. 9. Can. Min. Journ. Bd. 47 (1926) S. 731.

[7]) Min. Mat. Bd. 7 (1926) S. 254; U. S. A. Bureau of Miners, Investigations Nr. 2777.

[8]) „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 129.

[9]) Z. Bd. 69 (1925) S. 975. [10]) Z. Bd. 71 (1927) S. 712.

Abb. 1
Sieblose Schleuder zum Entwässern von Kohlen unter 12 mm Korngröße

a Hohlwelle *b* ringförmige Verteilkammer *c* Durchflußöffnungen zum Hohlkörper *i* *d* Innenfläche des Hohlkörpers *i* *e* Austragkammer mit eingebauten Kratzarmen *f* Oeffnung zum Austragen des Trockengutes *g*, *k* Kanäle zum Wasserabfluß *h* feststehende Ringkammer *l* Kammer für Trockengut *m* Trockengutaustrag *n* Wasseraustritt

che, die Entwässerung zu verbessern und die Entwässe-ngszeit zu verkürzen, haben vor einigen Jahren zu der sonders in England verwendeten Carpenterschleuder[1]) eführt. Der endgültige Feuchtigkeitsgehalt der Kohle t bei der Schleuderentwässerung verhältnisgleich der icke der Kohlenschicht, dem Gehalt an Feinkohle und r Anfangsfeuchtigkeit; umgekehrt abhängig von der hleuderkraft, der Einwirkungsdauer und der Korngröße[2]). eben der Carpenterschleuder sind von der Laughlin Filter ., New York, zwei weitere Bauarten entwickelt worden, e als Siebschleuder für gröberes Korn und als sieblose hleuder für feineres Korn einschließlich der Schlämme beiten.

Während bei der Carpenterschleuder das nasse Aufbegut von oben nach unten durch die Schleuder geführt ird, hat man die Achse des Trommelsiebes der Laughlinhleuder wagerecht angeordnet. Die nassen Kohlen gibt an auf der einen Seite der wagerecht liegenden Schleuder f. Von hier aus gelangen die Kohlen in die mit 00 Uml./min umlaufende Siebtrommel, in der die Kohlen rch Herausschleudern des Wassers aus dem Trommelnern getrocknet werden. Durch eine dreigängige, mit 0 bis 992 Uml./min umlaufende Schnecke werden die twässerten Kohlen zum Austragende der Trommel berdert. Die Schnecke liegt mit Hilfe einer großen Zahl f ihre Oberfläche beweglich aufgesetzter Aluminiumhieber, die durch die Fliehkraft an das Sieb gepreßt rden, dicht an diesem an. Aluminiumschieber und Siebwebe sind die einzigen dem Verschleiß unterworfenen ile. Die Schleuder ist geeignet für Kohle von 25 bis 4 mm und setzt 10 bis 15 t/PS Trockenmasse in 24 h rch[3]).

Die zweite, von derselben Gesellschaft gebaute, siebse Schleuder dient neben der Entwässerung von Kohle ter 12 mm bis zum feinsten Schlamm auch zum Entwässern n Erzeugnissen der Schwimmaufbereitung. Das zu filternde d zu trocknende Gut wird durch die Hohlwelle *a*, Abb. 1, fgegeben, von wo es durch die Fliehkraft in die ringrmige Verteilkammer *b* gelangt. Der zylinderförmige ohlkörper *i*, in dem die Kammer *b* liegt, ist mit der Hohllle *a* fest verbunden und dreht sich mit dieser. Das ufgabegut wird durch die Löcher *c* an die Innenfläche *d* s Hohlkörpers *i* geschleudert, an der sich die festen Beandteile als dichter, undurchlässiger Kuchen absetzen, ährend das Wasser über *k* und *g* in die ringförmige festehende Kammer *h* ausgetragen wird und diese bei *n* verßt. Die auf dem Umfang von *d* verbleibenden festen ile werden durch zwei in der Kammer *e* eingebaute ratzarme, die sich mit 995 bis 999 Uml./min gegen 1000 Uml./min des Hohlkörpers *i* drehen, nach der Mitte der Maschine geführt und durch die Öffnung *f* in die Kammer *l* für Trockengut ausgetragen. Die Scheidewand zwischen der Aufgabekammer bei *c* und der Austragkammer *e* muß je nach dem Wassergehalt des Aufgabegutes kleineren oder größeren Durchmesser haben, um ein Abfließen des Wassers in die Austragkammer *e* zu verhindern. Die Schleuder wird als Einkammer- und als Zweikammerschleuder gebaut. Der Leerlaufkraftbedarf der Zweikammerschleuder beträgt 4 bis 6 PS bei einem Durchsatz von 2,5 bis 5 t/PS Trockenmasse in 24 h.

[M 257] Pr.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 46.
[2]) Vergl. „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 430.
[3]) Vergl. „Coal Age" Bd. 31 (1927) S. 219.

Versuchsanstalt

Explosionssicherer Prüfstand für Maschinen mit hoher Drehzahl

Um die schweren Läufer von Maschinen mit hoher Drehzahl, z. B. Turbinen, Elektromotoren und Dynamos, gegebenenfalls bis zum Zerknall, prüfen zu können, hat die Metropolitan-Vickers Electric Company (England) unter großem Kostenaufwand einen Sonderprüfstand errichtet[1]). Die Gesamtanlage umfaßt den Raum für den Antriebmotor, den eigentlichen Prüfraum und den Prüfstand, Abb. 2 bis 4, und grenzt unmittelbar an die mechanische Hauptwerkstatt an, in der Werkstücke bis zu 120 t Gewicht bearbeitet werden können.

Im Maschinenhaus aus Eisenbeton ist ein normaler Elektromotor untergebracht, der 1800 PS an der Welle leistet, und dessen Drehzahl zwischen 700 und 1800 Uml./min regelbar ist. Um auf die erforderlichen Drehzahlen der zu erprobenden Laufräder usw. zu kommen, wird zwischen Antriebmotor und Läufer ein Zahnrad-Übersetzungsgetriebe mit zwei Übersetzungen, nämlich 4,04 : 1 und 2,28 : 1, geschaltet. Antriebmotor und Übersetzungsgetriebe mit beiden Wellen sind verschiebbar, so daß jeweils die gewünschten Wellen gekuppelt werden können. Die Kupplungswelle zwischen Antriebmotor und Läufer ist so ausgebildet, daß sie im Fall etwaiger Zerstörung des Läufers das Getriebe gegen Beschädigungen sichert.

Der eigentliche Prüfraum ist ein fensterloses, gleichsam bombensicheres Gewölbe mit halbkreisförmiger Decke aus etwa 840 mm dickem Eisenbeton. Wie Abb. 2 bis 4 zeigen, schließen sich nach innen zunächst Luftzwischenräume, Sandsäcke und Balkenlage zum Abfangen etwaiger Bruchstücke im Fall von Zerstörungen an. Der Holzkonstruktion wird durch Winkeleisen der erforderliche Halt gegeben. Erhebliche Gewichte an Baustoff sind dort verarbeitet worden, so wog die Verschlußtür nach der Werkstatt hin allein 17 t. 30 t Stahl sind neben den großen Mengen an Beton, Sand und Holz eingebaut. Die Abmessungen des Prüfgewölbes, dessen Gründung keineswegs nachgeben darf, gestatten die Erprobungen von Laufrädern von 12,2 m Länge und 4,42 m Dmr. Prüfraum und Antriebmotorenraum sind durch eine dicke Eisenbetonwand getrennt, die nur eine Öffnung für die Durchführung der Kupplungswelle hat. Im Hinblick auf die Wirkung der Fliehkraft ist es wenig wahrscheinlich, daß die Querwand an dem einen Ende und die Tür an dem andern Ende bei dem Auseinanderfliegen eines Läufers durch Bruchstücke durchgeschlagen werden. Die Bruchstücke werden vielmehr in tangentialer Richtung fortgeschleudert und von der Holz- und Sandverschalung aufgefangen werden. In einem Nebenraum stehen Ölpumpen für Hochdruck- und Niederdruckleitungen; eine Hochdruckleitung wird z. B. zur Erzeugung eines Ölfilms beim Läufer gebraucht, um das Anlassen zu erleichtern, das sonst eine zu starke Belastung des Motors und seines Getriebes bewirken würde.

Die zu erprobenden Werkstücke werden in der Werkstatt auf je einen am vordern und am hintern Ende des Stückes untergeschobenen Wagen gelagert; die entsprechenden Lagerböcke können mit 70 t im Höchstfall belastet werden. Die beiden Wagen werden mit Zugstangen verbunden und mit Verholwinden in den Prüfraum gezogen, der ein Anschlußgleis an die Werkstatt hat. Nachdem die Wagen entsprechend festgesetzt sind, wird der Läufer durch die Kupplungswelle an das Getriebe angeschlossen. Von Hebeböcken mit Druckwasserbetrieb wird das Gesamtsystem vorher in die erforderliche Höhenlage gebracht. Die Entlastung der Achsen durch Zwischenschaltung besonderer Paßstücke bewirkt, daß durch eine allmähliche Abnutzung der Achsen oder der Schienen eine Störung der Versuche nicht eintreten kann.

Beachtenswert ist auch die Einrichtung des Prüfstandes, der gleich einem Kommandoturm außerhalb des Motoren- und Prüfraums angeordnet ist. Er liegt drei Meter über dem Fußboden in der anstoßenden mechanischen Werk-

[1]) Vergl. „The Engineer" Bd. 142 (1926) S. 722.

Abb. 2 bis **4**
Gegen Zerstörung gesicherter Prüfraum für Maschinen mit sehr hohen Umlaufzahlen

a Antriebmotor
b Uebersetzungsgetriebe
c größter Turboläufer, etwa 70 t
d Prüfstand
e Prüfraum

statt und ist mit allen wichtigen Meßgeräten und Kommandoelementen für den Antriebmotor ausgerüstet. Von der hauptsächlichsten Ausrüstung sind zu erwähnen:

- Geschwindigkeitsregler für den Antriebmotor mit den entsprechenden Drehzahl- und Leistungsmessern,
- Bremswiderstände, um den Antriebmotor schnell stillzusetzen, da ihm durch die Schwungmassen ein großes Moment innewohnt,
- Druckmesser für die Ölleitung und Absperrventile für den Fall des Berstens der Ölrohre,
- Prüfstand, Prüfraum und Motorenhaus sind durch eine Signaleinrichtung zur Übermittlung und zum Vergleich aller Daten verbunden.

Eine der wichtigsten Aufgaben stellt auch die Lösung der Schwingungsfrage dar. Für die Ausführung von Sonderversuchen auf diesem Gebiete stehen sehr genaue Geräte zur Verfügung. Die umlaufenden Teile können mittels eines sogenannten Oszilloskops überwacht werden, eine Sonder-
kamera macht selbsttätige Aufnahmen, ebenso werden d
kritischen Drehzahlen selbsttätig aufgezeichnet. Von kleine
Filmaufnahmen, für die ein besonderes Gerät zur Ve
fügung steht, werden zur genaueren Prüfung der Einze
heiten Vergrößerungen gemacht, ebenso können die Au
zeichnungen der kleinsten elektrischen, selbstschreibende
Meßgeräte auf diesem Wege ausgewertet werden.

Aus der Tatsache, daß zwischen dem eigentlichen Prü
gewölbe und der Werkstatt ein Zwischenraum von meh
als 2 m liegt, geht schon hervor, daß alle neuzeitlichen ele
trischen und optischen Meßgeräte mit Fernübertragung ve
wendet worden sind. Außer den Sondererprobungen kan
im Prüfraum auch noch das Auswuchten der Läufer vo
genommen werden, das für den einwandfreien Betrieb vo
großer Bedeutung ist. Die Fertigstellung dieses Prü
standes wird sicherlich dazu beitragen, manche Frage z
lösen, der man mit den bisherigen Mitteln nicht nähertrete
konnte. [M 201]

Kiel H. Köppe

Kleine Mitteilungen

Die Einwirkung der Schmelzen von Zinn und zinnhaltigen Loten auf Messing

In dem Institute of Metals berichtete H. Hartley über das Verhalten von geschmolzenem Zinn oder zinnhaltigen Loten (35 vH Sn, 59 vH Pb, 5 vH Sb und 20 vH Sn, 40 vH Pb, 40 vH Bi) gegenüber Kupfer und verschiedenen Messingsorten. Untersucht wurde Kupfer mit 99,97 vH Cu, Messing 80/20, 70/30, 64/36 und 61/39. Gesetzmäßigkeiten über die Art des Angriffes und über den Verlauf der auftretenden Risse und Sprünge konnte Hartley nicht feststellen, wenn es auch scheint, als ob der steigende Zinngehalt der Lote von Nachteil ist und die Risse hauptsächlich interkristallin verlaufen. In seiner Arbeit bringt Hartley neue Unterlagen dafür, daß es sehr gefährlich ist, Messing, das Reckspannungen enthält, ohne vorheriges Anlassen mit Zinn oder Zinnloten zusammen zu bringen. Ein normal knetbearbeitetes Messing ist ferner widerstandfähiger als völlig ausgeglühtes Messing. Der Angriff soll rein zufällig durch das Vorhandensein von Verunreinigungen zwischen den Korngrenzen bedingt sein. Von Bedeutung sind galvanische Wirkungen und die chemische Verwandtschaft. (Vorbericht des Institute of Metals 1927 Nr. 431) [N 546 a] Wf.

Die größte Dampfkraftanlage in Ostasi

Das Kraftwerk Amagasaki bei Kobe der Nippon Ele
tric Power Co., das im Jahre 1925 in Betrieb g
nommen wurde und zunächst 50 000 kW leistete, hat jet
seine Anlage bedeutend erweitert. Nach Fertigstellung wi
die Leistung insgesamt 140 000 kW betragen. Vorhande
waren bisher acht Babcock & Wilcox-Wasserrohrkessel vo
je 1010 m² wasserberührter Heizfläche, von denen vier m
Riley-Stoker (je 34,4 m² Rostfläche), vier mit Lopulco-Kohle
staub-Brennkammern ausgerüstet sind. Die Kessel habe
19 at abs Betriebsdruck und rd. 310 ° Dampftemperatu
Die Maschinenanlage bestand aus zwei 25 000 kW-Turbo
dynamos. Die neue 90 000 kW-Kraftanlage besteht wie
derum aus vier Kesseln mit Rostfeuerung und vier Kesse
mit Kohlenstaubfeuerung. Die Heizfläche ist etwas größe
als bei den älteren Kesseln und beträgt je 1250 m²; dagege
ist der Betriebsdruck etwas niedriger (14 at abs). Di
alten Kessel sind zum Teil, die neuen fast ganz mit Kühl
flächen ausgekleidet, so daß etwa 60 vH der gesamte
Wärmemenge durch Strahlung übertragen wird. Der Wi
kungsgrad der alten Kesselanlage beträgt mit Überhitze
und Rauchgasvorwärmer 83 bis 87 vH, der der neuen A

wird zu 90 vH oder mehr geschätzt. Für die Neuanlage nden sich ferner drei Turbodynamos von 25 000 kW und von 40 000 kW Leistung im Bau. („Journal of the Fuel iety of Japan" Bd. 6 (1927) S. 31) [N 546 b] Pt.

Sechsrad-Motoromnibus für London

Die London General Omnibus Co. hat die Zulassung für n Sechsrad-Motoromnibus mit überdecktem Oberdeck beagt, der am 4. d. M. zum erstenmal im Londoner Verr gelaufen ist. Das von der Associated Daimler Co. aute Fahrzeug mit 68 Sitzplätzen wird durch eine Sechsndermaschine von 95 mm Zyl.-Dmr. und 130 mm Hub mit benschiebersteuerung angetrieben, die bei 1000 Uml./min PS und bei 2000 Uml./min 120 PS leistet, und soll als er Deckomnibus auch dazu dienen, Erfahrungen über Verwendung von Luftreifen zu sammeln. Die beiden riebachsen sind durch ein Ausgleichgetriebe verbunden enthalten Schneckengetriebe und Ausgleichgetriebe. Seitenwellen sind über Stirnradvorgelege mit den Anbrädern verbunden. Das Fahrgestell, dessen gesamter stand 5638 mm beträgt, wiegt 4,15 t, der Aufbau 2,13 t. he Engineer" 3. Juni 1927 S. 593) [N 546 c] H.

acht- und Fahrgastmotorschiffe für den Dienst Hamburg–New York

Die Hamburg-Amerika-Linie hat bei Blohm & Voß, nburg, und beim Bremer Vulkan, Vegesack, je ein Fracht- Fahrgastschiff der Clevelandklasse für ihren Dienst nburg – New York bestellt. Die Hauptabmessungen sind: ge zwischen den Loten 165 m, Breite 22 m, Seitenhöhe 11,2 m, Tiefgang 8,53 m. Tragfähigkeit 10 000 t, Dienstgeschwindigkeit 16,5 km, Maschinenleistung 12 200 PS_e. Die Schiffe erhalten Einrichtungen für 450 Kajütfahrgäste, 250 Touristen 3. Kl. und 400 Fahrgäste 3. Kl.

Mit diesen beiden Schiffen, „Cincinnati" und „Milwaukee", läßt die Hamburg-Amerika-Linie zum erstenmal größere Fahrgastschiffe für die Atlantische Fahrt mit Motorenantrieb ausrüsten. Die beiden Schraubenwellen werden von je zwei doppeltwirkenden Zweitaktmotoren, Bauart MAN, über ein einfaches Zahnradgetriebe angetrieben, dabei beträgt die Drehzahl der Sechszylindermotoren mit 500 mm Bohrung und 600 mm Hub 230 Uml./min, während die Schrauben mit 110 Uml./min umlaufen. Die elektrische Anlage umfaßt drei Dieseldynamos von je 540 kW und eine Notdynamo von 25 kW. Sämtliche Hilfsmaschinen werden elektrisch angetrieben. [N 546 d] Ls.

Selbsttätige Unterwerke für Straßenbeleuchtung

In St. Louis, Mo., wird die elektrische Straßenbeleuchtung durch selbsttätige Unterwerke geschaltet. Eine Schaltuhr bestimmt den Zeitpunkt des Ein- und Ausschaltens, das je nach der Jahreszeit früher oder später vor sich geht. Die einzelnen Stromkreise werden durch eine Schaltwalze mit Motorantrieb nacheinander in Abständen von 5 s eingeschaltet, um starke Stromstöße zu vermeiden. Für die Lieferung gleichbleibenden Stromes sind besondere Regler eingebaut. Bei Störungen wird durch Relais selbsttätig auf die Ersatzleitungen umgeschaltet. („Electrical World" 21. Mai 1927 S. 1053) [N 546 e] Pa.

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Sicherheit des Dampfkesselbetriebes. — Die Widerstandsähigkeit von Dampfkesselwandungen. Herausgeg. von er Vereinigung der Großkesselbesitzer .V. Berlin 1927, Julius Springer. 189 S. m. 311 Abb., zw. 81 S. m. 176 Abb. Preis 28,50 *M* bzw. 13,50 *M*.

Die beiden vorstehend genannten Schriften der Vergung der Großkesselbesitzer sind wertvolle Beiträge neueren Literatur des Dampfkesselwesens. In der ersten rift sind die Berichte zusammengefaßt, die gelegentlich technischen Tagung der Vereinigung in Kassel 1926 vorragen wurden. Zu erwähnen sind außer einem Bericht Dr.-Ing. E. h. Guilleaume über Schäden am selkörper ein Vortrag von Dr.-Ing. Fry über das Izettßeisen, den neuen Kesselbaustoff von Fried. Krupp, ., worin zahlreiche Ergebnisse von Versuchen an diesem stoff mitgeteilt sind. Ein weiterer Vortrag von Prof. Ing. E. h. Baumann behandelt Schäden an Siedeen. Ein erheblicher Teil der Verhandlungen ist ferner Einfluß von Speisewasser auf die Entstehung von en von Kesselblech gewidmet.

Die zweite Veröffentlichung der Vereinigung ist Dr.-Ing. C. v. Bach zu seinem 80sten Geburtstag gewidmet stellt eine Sammlung von kurzen Auszügen aus den enschaftlichen Arbeiten der Materialprüfungsanstalt tgart in den Jahren von 1878 bis 1920 dar. Ein auslliches Verzeichnis der bearbeiteten Aufsätze, gegliedert großen Fachgebieten, erleichtert die Übersicht über Inhalt dieser vorbildlich angelegten Bibliographie, die ches auch nach dem heutigen Stande unsres Wissens tvolle enthält. Die Dampfkesseltechnik ist den Herausrn zu großem Dank verpflichtet. [E 444] H.

-Mappe für Gießereiwesen. Aufgestellt vom Verein utscher Eisengießereien, Gießerei-Verband, Düsseldorf. it Erläuterungsschrift von H. Tillmann. Berlin, uth-Verlag. Preis 3,50 *M*.

Die Mappe enthält im ganzen 16 Blätter, die in drei pen zerfallen. Gruppe G I behandelt in sechs Blätr die Grundbegriffe, in weitgehender Übereinstimmung der Gruppe I der Refa-Mappe für spanabhebende Forg. Die zweite Gruppe G VI bringt die zur Ausführung Zeitaufnahmen notwendigen Formulare mit eingetrage- Beispielen. Unter diesen Formularen fällt als abweid das Blatt 4, Beobachtungsbogen für Arbeitsaufnahmen, In Anbetracht dessen, daß in der Gießerei, insbesonin der Großformerei und Kernmacherei, im allgeen die handwerksmäßige Handarbeit vorherrscht, hielt die Einführung des Begriffes der Arbeitsaufnahme für derlich, die sich durch eine gröbere Unterteilung des igungsvorganges kennzeichnet. Daß aber gerade bei hen reinen Handarbeiten die Zeitaufnahme gut verhbare Ergebnisse schafft, ist eine Erkenntnis, die sich auch auf anderen Gebieten mehr und mehr Bahn bricht. Die dritte Gruppe G VII, die die Zuschläge behandelt, geht schließlich über das in der Refa-Mappe für spanabhebende Formung Enthaltene beträchtlich hinaus. Sie bringt einen erwähnenswerten Versuch, den durch Ermüdung und sonstige Einflüsse eintretenden Leistungsabfall, der sich natürlich besonders bei dem körperlich arbeitenden Former bemerkbar macht, zu berücksichtigen.

Gerade dieser letzte Abschnitt gibt der Mappe einen Wert, der erheblich über das Gebiet der Gießerei hinausgeht und daher auch manchen Nicht-Gießer zur Anschaffung der Mappe veranlassen sollte. Ganz besonders ist sie aber durch die große Anzahl von angeführten Beispielen geeignet, den fortschrittlichen Gießerei-Fachmann durch Selbststudium in das wichtige Gebiet der Arbeitzeitermittlung einzuführen. Ihre Anschaffung sei daher jedem Gießer wärmstens empfohlen. [E 347] Janßen

Der Luftschiffbau Schütte-Lanz 1909 bis 1925. Herausgeg. von Johann Schütte. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. 152 S. m. 30 Abb. Preis 18 *M*.

In vierzehn voneinander unabhängigen Abschnitten schildern die Verfasser, — größtenteils Mitarbeiter von Prof. Schütte —, die geschichtliche und technische Entwicklung des Luftschiffbaues Schütte-Lanz. Was das Werk von andern ähnlicher Art unterscheidet, was es über die Bedeutung eines nur geschichtlichen Rückblicks erhebt und ihm bleibenden Wert verleiht, ist der weite Raum, der den wissenschaftlichen Unterlagen und Untersuchungen gewidmet ist. Das Streben, Geschichtliches, Konstruktives und wissenschaftlich Forscherisches gleichzeitig zu bringen, hat leider zu einer gewissen Uneinheitlichkeit des Ganzen geführt, ein Mangel, der aber hinter dem Wert der einzelnen Abhandlungen zurückbleibt.

Über die Entwicklung des Luftschiffbaues Schütte-Lanz berichten teils im ersten Abschnitt und im Vorwort Schütte selbst, teils im zwölften Abschnitt Dietrich, über die technische Entwicklung und Ausbildung der Konstruktion und die Bedeutung der Schütte-Lanz-Schiffe für die Luftfahrt Rühl, Roeser und Grützner. Für den sehr beachtenswerten Abschnitt über Entwurf und Festigkeitsrechnungen zeichnet der Luftschiffbau Schütte-Lanz, während die beiden folgenden von Weiß und Gentzcke die Berechnung und Ausbildung wesentlicher Teile und der Elemente der Gerippekonstruktion behandeln. Die elektrischen Anlagen in Luftschiffen beschreibt Aschmann. Kurze Angaben über die Luftschiffhüllen von Endras und über den 240 PS-Mercedes-Motor schließen sich an. Eine längere wirtschaftliche Abhandlung von Bleistein über Verkehrsluftschiffe und eine klimatologische Abhandlung von Helffrich sind ebenfalls aufgenommen. Endlich berichtet Hillmann über das erste bei Schütte-Lanz gebaute Großflugzeug.

Im ganzen: ein wertvolles Werk in sehr guter Ausstattung, das manches an Erfahrungen, Verfahren usw. enthält, was bisher der technischen Öffentlichkeit noch nicht zugänglich war; ein weiteres Zeugnis von der Vorrangstellung des deutschen Luftschiffbaues. [E 277]

Das deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart. Herausgeg. von Hoff, Kumbier und Anger. 3. Ausg. Stand vom Jahre 1926. Berlin 1927, Reimar Hobbing. 577 S. m. vielen Abb. Preis 30 *M.*

Das erstmals 1911 von dem damaligen Präsidenten des Eisenbahn-Zentralamtes, späteren Staatsminister Hoff, herausgegebene Werk war seinerzeit ohne Zweifel eine Tat. Auch die zweite, 1923 erschienene Ausgabe konnte des Beifalles der Fachwelt sicher sein, die gerne bereit war, gewisse offensichtliche Mängel in der drucktechnischen Wiedergabe deshalb hinzunehmen, weil die Stoffbehandlung, gut gegliedert, wertvolle Übersichten brachte, die lange entbehrt und deshalb lebhaft begrüßt wurden. Das kann aber von der nun vorliegenden dritten Ausgabe nicht gesagt werden, und die Angabe des Vorwortes: „Es schien rätlich und notwendig, der Ausgabe von 1923 bereits jetzt eine neue, ergänzte Ausgabe folgen zu lassen," kann deshalb einigermaßen irreführen, weil es sich im Textteil weniger um eine neue und ergänzte, vielmehr um eine ergänzende Ausgabe handelt, d. h. um einen „Ergänzungsband" zur Ausgabe von 1922/23, der allerdings sehr, sehr teuer geworden ist.

Die Aufsätze sind überwiegend gut, wenn sie auch nicht allzuviel Neues besagen und vorwiegend auf Einzelfragen abgestellt sind. Leider scheint bei diesem Werk, ebenso wie die Zahl der auf dem Titelblatt aufgezählten namhaften Persönlichkeiten zunimmt, die Güte der drucktechnischen Wiedergabe und auch der Ausstattung des Werkes nachzulassen, und man denkt bei Durchsicht der dritten Ausgabe nur ungern daran, was wohl die kommende vierte bringen wird. Die Abbildungen auf Seite 154 und 184 stellen einen Tiefstand der Bildwiedergabe dar, der heute nach überwundener Inflationszeit kaum mehr verständlich ist; auf den Seiten 166, 176, 180, um nur einige zu nennen, kann man sich überzeugen, daß allzu bunter Wechsel und ungenügende Ausführung der Bildbeschriftung doch für den Buchkäufer und -leser recht unbillige Zumutungen in sich bergen. Welch zweifelhafte Bildwirkungen sich mit schlechten und abgequetschten Druckstöcken erzielen lassen, zeigen sehr augenfällig die wohl dem Anzeigenteil zuzurechnenden Seiten 267, 273 bis 275, 282, 309, 312 und 385, um nur die schlimmsten zu nennen.

[E 284] Schaedle

Monographien zur Feuerungstechnik, 9. Bd.: **Die Luftvorwärmung im Dampfkesselbetrieb.** Von Wilh. Gumz. Leipzig 1927, Otto Spamer. 179 S. m. 89 Abb. Preis 12 *M.*

Das klar und in voller Beherrschung des Stoffes geschriebene Werk bringt eine eingehende Darlegung der feuertechnischen Fragen und Angaben von größtem Werte für Konstruktion und Betrieb von Dampfkesselanlagen. Die Verwendung vorgewärmter Luft in Dampfkesselfeuerungen beeinflußt den Verbrennungsvorgang, die Wärmeübertragung, die Zugverhältnisse, die Verbrennungstemperatur und Wärmeverteilung und schließlich die Wärmebilanz.

Das Werk behandelt daher in elf Abschnitten zunächst die Brennstoffe, sodann die Verbrennung, die Verbrennungstemperatur, ferner den Verbrennungsvorgang und seine Beeinflussung durch die Temperatur, Leistung und Wirkungsgrade der Kessel, die Schwierigkeiten des Heißluftbetriebes, die Sonderbauarten von Dampfkesseln für hohe Luftvorwärmung, die verschiedenen Bauarten von Luftvorwärmern, die Bemessung und Leistung von Luftvorwärmern und Versuchsergebnisse.

Die unbestrittenen Vorteile der Luftvorwärmung führen dazu, sie in großem Maßstabe bei neueren Kesselarten anzuwenden. Bei Rostfeuerungen, insbesondre bei bestehenden Anlagen, müssen die bei Luftvorwärmung auftretenden hohen Rosttemperaturen durch Blasen von Dampf unter die Roste oder dergl. verhindert werden.

Besonders sei auf den Abschnitt: Verbrennungsvorgang, insbesondre Verbrennung von Kohlenstaub, Verbrennung flüssiger und gasförmiger Brennstoffe hingewiesen. Verschiedene Kesselarten für hohe Luftvorwärmung und einzelne Luftvorwärmer werden beschrieben, manche als Vertreter ihrer Gattung. Der Abschnitt über Wirtschaftlichkeit der Luftvorwärmung verdient besondere Beachtung. Zahlentafel 16 aus dem Versuchsbericht über eine Kesselanlage mit und ohne Luftvorwärmung ist jedoch kein schlüssiger Beweis für den Vorteil der Luftvorwärmung. Denn bei Versuchen an demselben Kessel mit Luftvorwärmung wurden Kohlen von höherem Heizwert (2 vH mehr), geringerer Feuchtigkeit, geringerem Aschengehalt verfeuert, die Rostfläche wurde geringer belastet, eine gering[ere] Dampfmenge (83 vH) erzeugt; die Verhältnisse waren [a]etwas anders als beim Betrieb mit kalter Luft, so daß [die] Zunahme des Wirkungsgrades von 67 auf 77,6 vH bei L[uft]vorwärmung wenigstens teilweise auch durch die Änder[ung] der Verhältnisse bewirkt sein könnte.

Alles in allem ein sehr lehrreiches und gutes B[uch], das besonders durch das Namen- und Sachverzeichnis ei[nen] raschen Überblick gibt. [E 292] B. Stei[n]

Die Kraftfahrzeuggesetzgebung. Von Dr. L. Lechn[er]. München 1927, C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandl[ung]. 587 S. Preis 9,50 *M.*

Das Buch stellt die Wortlaute des Gesetzes über [den] Verkehr mit Kraftfahrzeugen, die Verordnung über Kr[aft]fahrzeugverkehr mit den zugehörigen Ausführungsbest[im]mungen, ferner das Gesetz über Kraftfahrlinien und die [ver]schiedenen Gesetze über Besteuerung von Kraftfahrzeu[gen] in den neuesten Fassungen zusammen, eine verdienstv[olle] Aufgabe, da die schnelle Aufeinanderfolge der Änderun[gen] in den Vorschriften gerade auf diesem Gebiete die Uebersi[cht] sehr erschwert. Die knapp gehaltenen Erläuterungen [zu] den Vorschriften stützen sich auf eine ausgedehnte Pra[xis] des Verfassers auf dem Gebiete des Rechtsschutzes im Kr[aft]fahrwesen. H[...]

Festschrift aus Anlaß des 50jährigen Bestehens der Fi[rma] **Blohm & Voß.** 1877 bis 1927. 71 S. m. zahlr. Abb.

Zur Erinnerung an den Tag des 50jährigen Besteh[ens] hat die Firma Blohm & Voß eine Festschrift herausgegeb[en], die in großen Zügen die Entwicklung der Werft zeigt. [A]us einer darin enthaltenen Zusammenstellung ist zu entnehm[en], daß insgesamt bisher 230 Handelsfahrzeuge mit zusamm[en] 1 118 314 Br.-R.-T. und 200 Kriegsfahrzeuge mit 376 021 t W[asser]drängung hergestellt wurden. Weiter baute die W[erft] 43 Dock-Sektionen, die zusammen 280 000 t Hebefähigk[eit] haben. Die Auswahl der Abbildungen gibt einen guten Üb[er]blick über das Arbeitsgebiet und die Leistungen der We[rft]. Der textliche Teil stellt einen bemerkenswerten Beitrag [zur] Geschichte des deutschen Schiffbaues dar. Bl[...]

Handbuch der Physik. Herausgeg. von H. Geiger [und] K. Scheel. 1. Bd.: **Geschichte der Physik. Vorlesun[gs]technik.** Redig. von K. Scheel. Berlin 1926, Jul[ius] Springer. 404 S. m. 162 Abb. Preis 33,60 *M.*

Auf den ersten 179 Seiten gibt E. Hoppe einen Üb[er]blick über die geschichtliche Entwicklung der Physik, [an]gefangen im Altertum bis zum Beginn der Atomforsch[ung] im Jahre 1895. Karl Scheel hat das wichtigste ph[ysi]kalische Schrifttum zusammengestellt. In Kapitel 3: F[or]schung und Unterricht, spricht A. E. Timerding ü[ber] den Lehrbetrieb an Universitäten, Hochschulen und höhe[ren] Schulen und über die Forschungsinstitute. Den Haupt[teil] des ersten Bandes bildet jedoch das Kapitel über Vorlesun[gs]technik von R. Mecke und A. Lamberts. Hier s[ind] aus der großen Anzahl von Experimenten die ausgewä[hlt], die für den physikalischen Unterricht am besten geeig[net] erscheinen. Trotz der kurzen Darstellung sind die einzel[nen] Versuche sehr klar beschrieben. Die schematischen Dars[tel]lungen ermöglichen einen schnellen Überblick über die e[in]zelnen Versuchsanordnungen. Bl[...]

Probleme der Strahlung. Von K. W. Fritz Kohlraus[ch]. Braunschweig 1927, Friedr. Vieweg & Sohn. 155 S. [m.] 27 Abb. Preis 10 *M.*

Einleitung und Überblick. — γ-Strahlung und elekt[ro]magnetische Theorie. — Die Lichtquantentheorie. — Beoba[ch]tungen am einzelnen γ-Impuls. — Die photoelektrische [Be]stimmung der γ-Wellenlänge. — Die Wärmewirkung [der] γ-Strahlen. — Die ionisierende Wirkung der γ-Strahlen. — Die Absorption und die Streuung der γ-Strahlen. — Sekundärstrahlung der γ-Strahlen.

Der Aufbau des Mörtels und des Betons. Von Otto Gr[af]. 2. neubearb. Aufl. Berlin 1927, Julius Springer. 76 [S.] m. 60 Abb. Preis 7,20 *M.*

Allgemeines. Einfluß der groben Zuschläge, Mört[el]festigkeit und Betonfestigkeit. — Beziehungen zwisch[en] Wassergehalt, Zementgehalt und Druckfestigkeit (Zugfest[ig]keit) des Zementmörtels und des Betons. — Ein Beisp[iel] zur Anwendung der Erkenntnisse: Mörtelgehalt und Men[ge] der Zuschläge. Die Setzprobe und die Ausbreitprobe. Raumgewicht, Hohlräume und Druckfestigkeit des Zeme[nt]mörtels. — Einfluß der Größe der Oberfläche des San[des] auf die Druckfestigkeit des Zementmörtels und Betons.

Psychologie der Werbung. Von Karl Marbe. Stuttg[art] 1927, C. E. Poeschel. 132 S. m. 1 Bildtafel. Preis 7,50 [M.]

Zur Orientierung über die moderne Psychologie. — (...) Persönlichkeit und Einstellung. — Die Einstellung der P[er]sönlichkeit durch die Reklame. — Die psychische Glei[ch]förmigkeit und ihre Beziehungen zur Reklame. — Über s[ta]tistische und experimentelle Reklamepsychologie. — Ü[...]

lhändlerische Reklamepsychologie. — Allgemeine Prinienfragen. — Die psychologische Beratung bei der ...lame.

Tagung des Allgemeinen Verbandes der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine am 7. und 8. September 1926 ...u Zürich. Berlin 1927, VDI-Verlag. 132 S. m. 178 Abb. 'reis 16 M.

·halten von raschlaufenden Gegendruckturbinen bei Drehahländerungen. Von Kurt Mauritz. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 42 S. m. 31 Abb. Preis 4,50 M.

npfkesselbetriebsbuch. Zusammengestellt von Rudolph ...ichel. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. 05 S. Preis 8 M.

ndbook of the Society of Automotive Engineers. March 927, Revised and reprinted semi-annually. New York 'ity, 29 West 39 th Street. M. zahlr. Abb. Preis 5 $.

Die Trockentechnik. Von M. Hirsch. Berlin 1927, Julius Springer. 366 S. m. 234 Abb. Preis 31,80 M.

The director system of automatic telephony. Von W. E. Hudson. London 1927, Isaac Pitman & Sons, Ltd. 157 S. m. 74 Abb. Preis 5 sh.

Angelegenheiten des Vereines

Wahlen und Beschlüsse der Versammlung des Vorstandrates am 28. Mai 1927 in Mannheim

Berichtigung: In Z. Bd. 71 Heft 23 vom 4. Juni 1927 S. 839 linke Spalte 10. Zeile v. u. muß es heißen:

§ 13

Die Mitgliedschaft beginnt mit der Zahlung des Eintrittsgeldes und des ersten Beitrages oder Teilbeitrages (§ 12, Abs. 3). [N 556]

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Die Saugwirkung bei Kreiselpumpen

Zuschrift von Dipl.-Ing. Otto Jentsch

In Z. Bd. 71 (1927) S. 81 wird der Versuch unter...nmen, bei Kreiselpumpen die Ursache der Minderleistung ...genüber der aus der Eulerschen Gleichung unter Zu...ndelegung unendlicher Schaufelzahl sich ergebenden als ...geerscheinung der Saugwirkung beim Eintritt des ...ssers in das Laufrad zu erklären. Dipl.-Ing. Schmidt ...mt an, daß dadurch dem Wasser eine Umlaufkomponente ...erteilt wird, die die Förderhöhe H_{th} um $\frac{u_1 c_{u1}}{g}$ verringert.

Diese Vorstellung führt schon insofern zu Wider...üchen, als er im Geschwindigkeitsdiagramm eine Ver...inerung der Relativgeschwindigkeit w_1 erhält (s. Abb. 5 ... 6), während nach der Bernoullischen Energiegleichung ...der durch den Saugvorgang verursachten Drucksenkung ...m Laufradeintritt eine Zunahme der Relativgeschwindig...t folgt. Schmidt hat übersehen, daß die von den ...aufeln ausgeübte saugende Kraft infolge der Umlauf...vegung eine Arbeit leistet, die, wenn man von den ...lraulischen Verlusten absieht, restlos auf das Wasser ...rtragen wird und diesem nach dem Impulssatz die ...ergie $\frac{u_1 c_{u1}}{g}$ erteilt. Dieser Fall liegt grundsätzlich ver...schieden von demjenigen, bei dem das von außen dem ...ufrad zufließende Wasser durch einen festen Leitapparat ...ie Rotationskomponente c_{u_1} erhält, und wobei dann das ...ufrad nur noch die Förderhöhe $H_{th} = \frac{u_2 c_{u2}}{g} - \frac{u_1 c_{u1}}{g}$ zu ...rwinden hat.

Die Ausführungen von Dipl.-Ing. Schmidt verstoßen ...en die Grundregel der Hydrodynamik, wonach es für ... übertragene Drehmoment ganz gleichgültig ist, wie die ...sserfäden im Rad verlaufen, sofern nur der Drall $r c_{u_0}$ ...w. $r_2 c_{u_2}$ in genügender Entfernung vor und hinter ... Laufrad einwandfrei bekannt ist, ebenso wie z. B. ... Arbeit der Schwerkraft zwischen zwei Höhenmarken ...bhängig von der Form des Weges ist. Die hydrau...hen Verluste müssen hierbei ganz ausschalten, da sie ...H_{th} nicht vorkommen; mithin ändert auch der Fall ... Hohlraumbildung an diesen Betrachtungen nichts, und ... Folgerungen des Verfassers werden hinfällig.

Die Richtigkeit seiner Betrachtungen sucht Dipl.-Ing. ...midt durch Versuche an einer Pumpe mit sechs vollen ...aufeln und dreißig Zwischenschaufeln zu erhärten, in...m er annimmt, daß die hohe Gesamtzahl der Schaufeln ... Einfluß ihrer Auseinanderstellung vollständig aus...alte. Er übersieht dabei, daß der große Austrittwinkel ...= 90° die Wirkung der Auseinanderstellung vergrößert[1]) ... die Zwischenschaufeln infolge ihrer kurzen tragenden ...che einen wesentlich kleineren Schaufeldruck ausüben ... die unverkürzten Schaufeln. Bestimmt man die Summe ... statischen Momente der Radialprojektionen der vollen ...aufeln und der Zwischenschaufeln, so ist die vorhandene ...derleistung

$$H_{th\infty} - H_{th} = \frac{u_2^2}{g} - H_{th} = 24{,}2 - 21{,}55 = 2{,}65 \text{ m}$$

...nglos aus der bekannten Beziehung[2])

$$H_{th\infty} - H_{th} = H_{th}\left(1 + \Psi \frac{r_2^2}{z S}\right)$$

...berechnen, wenn für $z S$ die Summe der statischen ...mente der Schaufeln und Zwischenschaufeln und für ... 1 eingesetzt wird.

Es soll nicht bestritten werden, daß der am Radeinlauf entstehende Unterdruck die Förderhöhe beeinflußt. Bei der Untersuchung mußte aber auf die Schaufelform eingegangen werden.

Dipl.-Ing. Schmidt spricht dann weiter von der Hohlraumbildung infolge einer Unterschreitung der Dampfspannung im Einlauf des Rades. Es ist wohl unbestritten, daß die kleinstmögliche Spannung innerhalb einer Flüssigkeit ihre Dampfspannung ist. Ferner wird dann noch — unter Heranziehung andrer Beobachtungen — versucht, auch die Anfressungen auf der Druckseite als eine Folge der Dampfbildung im Eintritt zu deuten. Auch diese Darlegungen können nicht befriedigen, weil sich der gebildete Dampf stets an Stellen kleineren Druckes aufhält und also nie an die Druckseite gelangen kann.

Eine Erklärung für die Ablösung auf der Druckseite ist mithin nicht gegeben.

Dresden Dipl.-Ing. Otto Jentsch

Entgegnung

In der Zuschrift von Dipl.-Ing. Jentsch wird die Energieübertragung und die Saugwirkung als gleichartig aufgefaßt, während beide Vorgänge voneinander wesentlich verschieden sind. Ob in dem Bereich der Saugwirkung eine Verzögerung oder Beschleunigung der Relativgeschwindigkeit eintritt, ist gegenüber der notwendigen Erhöhung der absoluten Geschwindigkeit nebensächlich. Diese Frage müßte einer weiteren Untersuchung zugewiesen werden, vorerst kommt es darauf an, festzustellen, ob die von mir aufgewiesene Saugwirkung im Laufradeintritt physikalisch notwendig ist und sodann, von welcher Größenordnung dieser Einfluß ist. Ich glaube, daß meine Angaben von der tatsächlichen Größe dieses Einflusses nicht gar so sehr entfernt sind.

Jedenfalls kann man die Ablenkung, die im Zusammenhang mit der Saugwirkung hervorgerufen wird, nicht zusammenfassen mit der Ablenkung, die infolge der Energieübertragung vorgenommen wird. Die Saugwirkung schafft das Wasser ins Laufrad hinein, die Energiewirkung schafft es heraus. Beide Vorgänge stehen nebeneinander und haben ihre eigenen Gesetzmäßigkeiten. Für die Übertragung der Leistung kann nur die Erhöhung des Dralles angesetzt werden, die der Flüssigkeit nach vollzogener Saugwirkung erteilt wird. Wenn man diese beiden grundsätzlich verschiedenen Vorgänge zusammenwirft, dann ist keine Klarheit zu gewinnen.

Zu den Bemerkungen von Dipl.-Ing. Jentsch über die Entstehung von Hohlräumen und Anfressungen ist zu sagen, daß die Dampfbläschen keineswegs an den Stellen kleineren Druckes verbleiben, sondern von der allgemeinen Strömung fortgespült werden, um erst weit hinter der Ablösungsstelle zu verschwinden.

Einzelheiten über die Hohlraumbildung im Laufradeintritt und die Anfressungen innerhalb der Laufradkanäle von Kreiselpumpen anzugeben war von mir nicht beabsichtigt, dagegen scheint mir der Einfluß der Saugwirkung allerdings ganz allgemein von wesentlicher Bedeutung für die Untersuchung dieser Vorgänge zu sein.

München P. Schmidt

Rückäußerung

Ich habe in meiner Zuschrift nicht bestritten, daß am Radeinlauf ein Unterdruck eintritt. Dieser ist auch im Schrifttum lange vor der Veröffentlichung von Dipl.-Ing. Schmidt bekannt gewesen[3]). Ich muß es aber nach wie

[1]) s. „Hydraulische Probleme", Berlin 1925.
[2]) s. Pfleiderer, Die Kreiselpumpen, Berlin 1924.
[3]) Vergl. Pfleiderer, Die Kreiselpumpen, S. 137.

vor als sinnwidrig ansehen, wenn Saug- und Druckwirkung für die Energieübertragung in der Weise getrennt werden, daß nur die Druckwirkung dem Wasser Energie übermitteln soll. Hier dürfte bereits der Hinweis auf die Kolbenpumpe genügen. Auch bei der Verfolgung der Ablenkung ist diese Trennung unzulässig, weil die Energiegleichung für beide Fälle gilt. [D 120]

Dresden Dipl.-Ing. Jentsch

Zuschrift von Ing. Karl Grün

Soll die Strömung durch das Langrohr der Pumpe erfolgen, so muß außer dem Druckunterschied entsprechend dem Höhenunterschied ein Druckgefälle zur Erzeugung der Geschwindigkeit und zur Überwindung der verschiedenen Verluste vorhanden sein. Geht die Strömung von einem Behälter unveränderlichen Druckes aus, d. h. beginnt sie im Freien, so muß sich bis zum Rohrende der Druck entsprechend erniedrigen, wenn die Strömung erhalten bleiben soll.

Wir denken uns eine und dieselbe Kreiselpumpe unter sonst gleichen Betriebsbedingungen an verschiedene Saugrohre angebracht. Das eine Saugrohr soll eine größere Druckerniedrigung beim Eintritt in das Laufrad zur Folge haben als das andre. Als Folge hiervon wird, wenn sonst tatsächlich die Betriebsbedingungen übereinstimmen, also Fördermenge und Förderhöhe gleichgeblieben sind, nur der Druck nach Verlassen des Laufrades um ebensoviel niedriger sein wie der vor dem Laufrad. Dieser Druckunterschied vor dem Laufrad kann sogar auf verschiedene Geschwindigkeiten als Folge veränderter Saugrohrquerschnitte bei gleicher Wassermenge zurückzuführen sein, so daß der für die Erzeugung der Geschwindigkeit nötige Unterdruck (die „Saugwirkung"), d.i. $\frac{c_1^2}{2g}$, von anderm Wert ist; für das Rad selbst macht dies, wenn nur die Geschwindigkeiten im Rade die gleichen geblieben sind, gar nichts aus, als Folge wird sich die gesamte Förderhöhe, die das Rad erzeugt, ebensowenig ändern, wie dies durch Höher- oder Tiefersetzen des Rades geschieht. Denn auch für die Strömung im umlaufenden Kanal läßt sich die Energieleistung aufstellen; man muß auch hier genau so wie beim einfachen Rohr auf die Grenzbedingung achten. Die Gleichung

$$H_{th} = \frac{u_2\, c_{u2} - u_1\, c_{u1}}{g}$$

sagt nur aus, daß zwischen Eintritt und Austritt des Laufrades ein bestimmter Druckunterschied erzeugt wird. Da dieser Druckunterschied bei einmal festgelegten Geschwindigkeiten im Rade, also auch bestimmter Wassermenge, mit einem bestimmten Wert gegeben ist, erscheint als der feste Ausgangspunkt (unveränderlicher Druck), der Zustand vor dem Laufrad, m. a. W.: das Kreiselrad erzeugt einen gewissen Druckunterschied, und durch Hinzuzählen dieses Unterschiedes zu dem Druck vor dem Laufrad erhält man den hinter dem Laufrad herrschenden. Dagegen ist die Vorstellung unrichtig, daß man durch Abziehen dieses Unterschiedes vom Druck hinter dem Laufrad auf den vor dem Rade vorhandenen Druck käme. Damit soll nur im wesentlichen gesagt werden, daß vom Rade und seinen Betriebsbedingungen der erzeugte Druck, d. i. nur die Förderhöhe, abhängt, nicht aber der Unterdruck vor dem Rade, der durch Saugrohrverhältnisse und Wassermenge eindeutig bestimmt ist; es soll nur gesagt sein, daß die Vorstellung: „. . . und zwar muß offenbar durch das Laufrad der Pumpe ein Unterdruck erzeugt werden, damit der . . . Atmosphärendruck das Wasser . . .", zu falschen Folgerungen führt. Das Kreiselrad wirft das in seinen Zellen befindliche Wasser an seinen Umfang hinaus. Da aber diese Räume durch das Saugrohr mit der Atmosphäre in Verbindung stehen, können sie nicht leer bleiben, sondern der äußere Luftdruck füllt sie immer wieder auf, indem er Wasser nachpreßt, soweit er es vermag; kann er es nicht mehr, so schnappt die Pumpe ab und das Wasser kann nicht von neuem nachströmen, wenn einmal die fortgesetzte Strömung unterbrochen ist.

Die Saugwirkung werde durch eine seitliche Ablenkung hervorgerufen. Der weitere Rechnungsgang hebt hervor, daß gerade diese es erklärt, daß trotz kleinerer Gesamtförderhöhe der Wirkungsgrad seinen hohen Wert beibehält. Das könnte leicht den Anschein erwecken, als wenn diese Saugwirkung ohne Energieaufwand zustande käme. Selbstverständlich muß auch der für die Erzeugung der Einströmgeschwindigkeit nötige Energiebetrag in die Pumpe eingeleitet werden, weil ja infolge des vor dem Rade herrschenden Unterdruckanteils in dieser Größe — $\frac{c_1^2}{2g}$ — das Rad ebenso seine Hebearbeit von einem tieferen Spiegel aus beginnen muß, als infolge aller andern Anteile.

Ohne eine „Saugwirkung" damit in Zusammenh[...] bringen zu dürfen, wäre es aber doch noch möglich, [...] Unterschied zwischen dem rechnungsmäßigen $H_{th} = \frac{u_2 ...}{...}$ und dem im Betrieb festgestellten $H_{th} = \frac{H_e}{\eta_h}$ aus einer [...] Komponente am Eintritt zu erklären, obwohl das Rad [...] meridionalen Eintritt entworfen worden war und die S[...] mung gegen den Laufradeintritt auch nur meridional [...] folgt. Denn ähnlich wie es bei Francisturbinen nicht [...] schieden ist, wo die Führung des Wassers ein Ende fi[...] — ob auf „Schaufelkante" oder „Austrittmitte" (vergl. [...] merer, Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen) —, [...] brauchte auch bei der Kreiselpumpe die wirkliche Führ[...] beim Eintritt noch nicht auf dem Durchmesser der Schau[...] kante beginnen. Der für den Durchmesser der Schaufelka[...] und senkrechten Eintritt gerechnete Winkel β_1 gibt a[...] in dem Falle, wo die Führung erst auf einem größe[...] Durchmesser beginnt, bereits ein schiefwinkliges Eintri[...] dreieck, somit auch einen positiven Wert von c_{u1}.

Wie aber gerade das von Dipl.-Ing. Schmidt gebra[...] Beispiel zeigt, ist es nicht notwendig, zu dieser Erklär[...] seine Zuflucht zu nehmen, vielmehr ergibt sich eine [...] klärung für diesen Unterschied am ungezwungensten du[...] Berücksichtigung der endlichen Schaufelzahl.

In „Hütte" II. Bd. 25. Aufl. S. 847 u. 848, wie a[...] in „Hydraulische Probleme S. 201 u. f., gibt Pfl[...] derer für die Berücksichtigung der endlichen Schau[...] zahl an:

$$H_{th\infty} = H_{th} \left[1 + 2 \frac{\psi}{z} \frac{1}{1 - (r_1/r_2)^2} \right],$$

$\psi = \mu \sin \beta_2$, bzw. $\psi = \tau\pi \sin \beta_2$. Für das gebrachte Beis[...] ist $\beta_2 = 90°$, $\sin \beta_2 = 1$ und mit $\tau = 0{,}6$ bis $0{,}8$, wo [...] wegen der verhältnismäßig großen Schaufelzahl der klei[...] Wert von τ gesetzt wird, wird der Klammerausdruck, w[...] noch aus Abb. 3 $z = 36$ (am Laufradaustritt) und e[...] $r_1/r_2 \sim 0{,}321$ entnommen wird:

$$1 + 2 \frac{\psi}{z} \frac{1}{1 - (r_1/r_2)^2} = 1 + \frac{2 \cdot 0{,}6\,\pi}{36} \frac{1}{1 - (0{,}321)^2} = 1{,}117.$$

Mit $H_{th\infty} = 24{,}2$ wird also

$$H_{th} = \frac{24{,}2}{1{,}117} = 20{,}7 \text{ m},$$

woraus folgt ein Wirkungsgrad

$$\eta_h = \frac{18{,}3}{20{,}7} = 0{,}885,$$

während auf S. 82, rechte Spalte unten, $\eta_h = 85$ vH [...] gegeben wurde. Die Übereinstimmung ist mit Rücks[...] darauf, daß der Wert für τ ohne viel Überlegung gew[...] wurde, als gut zu bezeichnen.

Laibach, 19. Januar 1927 Ing. Karl Grü[...]

Entgegnung

Es handelt sich bei der Untersuchung nicht dar[...] daß ich die Saugwirkung auf Grund von Druck- oder [...] schwindigkeitsverhältnissen im Saugrohr einer Pun[...] eines Gebläses oder dergl. erklären will, sondern um [...] Darlegung eines physikalisch notwendigen Vorganges [...] der Flüssigkeitsförderung durch Kreiselräder. Der Dr[...] vor dem Laufrade ist von nebensächlicher Bedeutung, [...] wesentliche Geschehen spielt sich innerhalb des L[...] radeinlaufs ab.

Hier muß notwendig ein Bereich niedrigeren Druc[...] sein, in den hinein das Wasser aus der Ruhelage im Sa[...] behälter heraus „abfließt", sonst käme eine Zuströmung [...] Laufrade hin gar nicht zustande. Daß sich solche Ste[...] niedrigeren Druckes an der Rückseite der Schaufeln [...] bilden werden, ist aus dem Vergleich mit der Strömung [...] Tragflügel ohne weiteres zu entnehmen. Diese Dru[...] erniedrigung ist als Ursache der seitlichen Ablenkung [...] zusehen, nicht aber kann man ohne weitere Erklär[...] sagen, daß die Saugwirkung durch eine seitliche Abl[...] kung hervorgerufen wird. Ich glaube, daß der Zusamm[...] hang von Ursache und Wirkung aus dem betreffenden [...] schnitt meiner Arbeit klar hervorgeht. Jedoch schei[...] mir beide Vorgänge, die Druckerniedrigung und die s[...] liche Ablenkung in einem innigen Abhängigkeitsverhält[...] zu stehen.

Zur Veranschaulichung des Ansaugvorganges k[...] man sich vorstellen, daß die Flüssigkeit in der Nähe [...] Schaufelrückseite zuerst ein kleines Wegstück radial strö[...] und daß sich dadurch ein Hohlraum zwischen der Schau[...] und dem Wasser bilde. Diesen Hohlraum wird das Was[...] aufzufüllen trachten und somit von der rein radialen Ri[...] tung abweichen. Denkt man sich eine plastische Masse [...]

ördermittel, dann wird deutlich, daß solch ein Hohlraum
ı den Rückseiten der Schaufeln innerhalb des Laufradein-
itts entstehen kann, wenn der Atmosphärendruck nicht
enügt, um das Fördergut in die Laufradkanäle nachzu-
ressen. Zwar wird alles, was sich in den Zellen des Rades
efand, aus diesen nach außen hin geschleudert, aber damit
t dann auch der Fördervorgang zu Ende.

Es gilt die Frage zu beantworten: Wie kommt es, aß das Wasser in das Laufrad hineinströmt? Diese Frage hat mit der Energieübertragung ach der Einströmung nichts zu tun.

Bisher hat man den Zufluß des Wassers ohne physikasche Begründung als „selbstverständlich" hingenommen id nicht weiter erörtert. Von selbst aber setzt sich kein assertropfen in Bewegung und da in unserem Falle nur er Atmosphärendruck eine Strömung hervorzurufen verag, muß das Laufrad eine Veranlassung hierzu geben, was ben nur durch eine Druckerniedrigung an geeigneten ellen innerhalb des Eintritts möglich ist. Andernfalls üßte ja die in dem Saugbehälter in Ruhe befindliche lüssigkeit aus unerklärlicher Ursache zum Eintritt des aufrades hinströmen, um dort sogleich auf höheren Energieinhalt und Druck gebracht werden, also sozusagen bergan" laufen. Das ist unmöglich, und so ergibt sich e grundlegende Bedeutung einer „Saugwirkung", ohne die er Fördervorgang unter den hier angezogenen normalen etriebsbedingungen nicht denkbar ist.

Die Nachrechnung des Einflusses der Saugwirkung in insicht auf die theoretisch mögliche Energieübertragung uf Grund der Gleichung $\frac{1}{g}\,(u_2\,c_{u2} - u_1\,c_{u1})]$ hat mit der ufeinanderfolge des physikalischen Geschehens natürlich chts zu tun, was in meinen Ausführungen ja auch klar ım Ausdruck kam. Die Nachrechnung soll nur den unfähren Strömungszustand vor Beginn der Energieübertragung, aber nach vollzogener Saugwirkung erssen. Hierzu genügt in erster Annäherung die Kenntnis es statischen Moments der Bewegungsgröße (welche aus $u_1\,c_{u1}$ folgt), die jedes Kilogramm Wasser vor dem Beinn des Energieaustausches mit dem Laufrade besitzt. Die erechnung ist aber keineswegs als eine Art Beweisführung r die Saugwirkung anzusehen; die Saugwirkung ist eine Annahme, deren Zulässigkeit bewiesen werden müßte, ondern eine physikalische Notwendigkeit. Jedoch soll die achrechnung einen Anhalt über die Größenordnung des influsses der Saugwirkung liefern, und ich glaube, daß eine Angaben diese ungefähr richtig wiedergeben.

Ferner ist zu beachten, daß der Energieinhalt er Flüssigkeit durch die Strömung im Saugabschnitt wohl icht geändert wird, dagegen die Energieform sehr stark ı Sinne einer Druckerniedrigung und Geschwindigkeitshöhung. Diese Änderung der Energieform ist natürlich ır möglich durch die Wirkung des Luftdruckes, der auf em Unterwasserspiegel lastet, und verläuft dem Beruillischen Gesetz entsprechend. Von einer „Hebearbeit" ann somit eigentlich nicht gesprochen werden, da die mwandlung der Energieform ja keinerlei Leistungsaususch bedingt, aus diesem Grunde ist von mir ausdrücklich etont worden, daß der Vorgang des Ansaugens im Einittabschnitt von dem der anschließenden Energieüberagung sorgfältig zu trennen ist.

Was die Berechnung der theoretischen Druckhöhe auf rund der Gleichung von Prof. Pfleiderer anbetrifft, so ist rauf aufmerksam zu machen, daß die Größe des Beiertes τ in dieser Formel auf Grund von Erfahrungen einschätzt ist, wobei aber die Saugwirkung unberücksichtigt ieb. Naturgemäß muß diese Formel dann ungefähr richge Ergebnisse zeitigen, nachdem der Beiwert ja auf der rundlage praktischer Ergebnisse vorher errechnet wurde. s handelt sich aber hier gar nicht darum, ob die theoresche Leistung von Laufrädern durch eine Gleichung, die ırch einen Erfahrungswert berichtigt wird, mehr oder eniger genau bestimmt werden kann, sondern ob das asser „von selbst" einem Rohre zuströmt oder nicht. In eser Frage, die mit der physikalischen Notwendigkeit ner „Saugwirkung" zu beantworten ist, liegt der Schwerınkt meiner Ausführungen.

Ich möchte in diesem Zusammenhange noch bemerken, ıß ich an einem Rade mit 135 mm Dmr., das mit den haufelzahlen (am Austritt) $z = 30$, 40, 60 und 90 ausgehrt wurde, nur ganz unwesentliche Leistungsänderungen vischen der Ausführung von $z = 30$ gegen $z = 90$ festellen konnte, so daß ich wohl folgern darf, daß der Einfluß r Schaufelzahl bei dem Rade der Abb. 3 meiner Abhandng tatsächlich wesentlich geringer ist als man es allgeein annimmt.

München P. Schmidt

Rückäußerung

Die physikalische Erklärung für das Zuströmen zum Laufrad und in dieses ist damit gegeben, daß der äußere Luftdruck die Vakuumbildung verhindert, nachdem unter der Fliehkraftwirkung die Flüssigkeit aus dem Rade getrieben worden ist. Und zwar ist beides vollständig erklärt, auch wenn man nicht den Druckunterschied auf Vorder- und Rückseite der Schaufeln berücksichtigt, den man erst mit der endlichen Schaufelzahl einführen kann.

Der Hohlraum an der Rückseite kann auch durch rein radiales Nachströmen aufgefüllt werden (absolute Strömung!); der Unterdruck daselbst gibt noch keine zwingende Ursache für ein schiefwinkliges Eintrittsdreieck. Der Schwerpunkt der Abhandlung war aber darin zu sehen, daß aus diesem Unterdruck die seitliche Ablenkung und daraus wieder der Unterschied von H_{th} gegen $\frac{u_2\,c_{u2}}{g}$ erklärt werden sollte.

Der Unterschied des Druckes von Vorder- und Rückseite der Schaufel erreicht nicht das Maß, um eine Umfangskomponente von der in Betracht kommenden Größe zu erzeugen[1]).

Man dürfte tatsächlich nicht mehr die Abweichung von H_{th} gegen $\frac{u_2\,c_{u2}}{g}$ aus der endlichen Schaufelzahl zu erklären versuchen, wenn dies aus der seitlichen Ablenkung am Eintritt der Fall wäre.

[1]) Vergl. Pfleiderer, „Hydraulische Probleme", S. 208 oben. Schilhansl, Fragen der neueren Turbinentheorie, Z. Bd. 69 (1925) S. 779 ff.

Zuschrift von Dipl.-Ing. W. Buschhorn

In Z. Bd. 71 (1927) S. 81 kommt Dipl.-Ing. P. Schmidt, München, auf Grund falscher Voraussetzungen zu einer irrigen Annahme über die Ursache der Minderleistung eines ausgeführten Kreiselrades gegenüber der theoretischen, mit der Hauptgleichung der elementaren Turbinentheorie ermittelten Leistung, wie sie auf dem Versuchstand festzustellen ist. Es handelt sich um jenen beträchtlichen Fehlbetrag, der gegenüber der theoretischen Leistung verbleibt, wenn die in Hinblick auf den erreichten Gesamtwirkungsgrad möglichen Verluste hydraulischer und mechanischer Natur zu der erreichten Leistung hinzugezählt werden. Dieser Fehlbetrag ist lediglich durch die endliche Schaufelzahl des Laufrades bedingt[1]), da die theoretische Leistung unter der Annahme unendlich großer Schaufelzahl — hierauf ist die elementare Turbinentheorie aufgebaut — ermittelt wird. Die mit abnehmender Schaufelzahl steigende Minderleistung beeinflußt nun in verhältnismäßig weiten Grenzen den jeweiligen Gesamtwirkungsgrad in verschwindend geringem Maße, da gleichlaufend der aufzuwendende Kraftbedarf sinkt. Durch entsprechende Versuche kann man sich leicht davon überzeugen. Dabei ist die Grenze nach unten dadurch bedingt, daß bei zunehmender Auseinanderstellung der Schaufeln verlustreiche Unterströmungen und Stoß- oder Ablenkungsverluste entstehen können, wenn eine bestimmte Schaufelform festgehalten wird. Es kann also aus einem guten Gesamtwirkungsgrad keineswegs auf einen geringeren Einfluß der Schaufelzahl geschlossen werden. Dieser Einfluß ist auch durchaus nicht „stark gemindert" bei dem angeführten Rechnungsbeispiel (Laufrad mit 36 verschieden langen Schaufeln, Austrittswinkel $\beta_2 = 90°$). Denn gerade bei Austrittwinkeln $\beta_2 = 90°$ ist die Minderleistung größer als bei $\beta_2 < 90°$[2]), und die kleinen Zwischenschaufeln können im Vergleich zu den ungleich größeren Hauptschaufeln nur in untergeordnetem Maße an der Leistungsübertragung teilnehmen[3]). Eine weitere Vermehrung der Zahl der kurzen Schaufeln würde hier keine wesentliche Vergrößerung der Leistungsübertragung bringen.

Der Hauptgrund für die falsche Schlußfolgerung, der Vorgang des Ansaugens bilde die Ursache der festgestellten Minderleistung, ist zunächst die unklare Vorstellung über die Saugwirkung, die von der eigentlichen Leistungsübertragung getrennt werden soll, weil kein unmittelbarer physikalischer Zusammenhang zwischen beiden bestehe. Das trifft jedoch nicht zu. Die Leistung wird im Kreiselpumpenrade auf die Weise übertragen, daß die umlaufenden Laufschaufeln die Förderflüssigkeit beschleunigen, sie vor sich herschieben, wenn wir uns das Bild der Absolutströmung vor Augen halten. Damit ist ein Druckanstieg an der Schaufelvorderseite und ein Druckabfall auf der

[1]) Vergl. Kucharski, Strömung einer reibungsfreien Flüssigkeit, München/Berlin 1918, S. 66. — Pfleiderer, Die Kreiselpumpen, Berlin 1924, S. 69. — Spannhake, Die Anwendung der Konformen-Abbildung auf die Berechnung von Strömungen in Kreiselrädern in „Hydraulische Probleme", Berlin 1926, S. 180.

[2]) Pfleiderer, a. a. O. S. 70 u. S. 96.

[3]) Spannhake, a. a. O., Ueber den Einfluß des Radienverhältnisses.

Schaufelrückseite verknüpft. Nach den so erzeugten Unterdruckgebieten am Laufradeintritt, wo der absolute Druck notwendigerweise am kleinsten ist, strömt die unter höherem Druck — normalerweise dem Atmosphärendruck — stehende Flüssigkeit aus dem Saugbehälter unter Überwindung einer etwa vorhandenen geometrischen Saughöhe und der Reibungs- und Ablenkungswiderstände in der Saugleitung, kurz, sie wird angesogen, m. a. W.: nur, wenn eine Beschleunigung der Förderflüssigkeit, eine Leistungsübertragung, stattfindet, kann ein Unterdruck entstehen. In der beschleunigenden Wirkung der Schaufeln ist also der physikalische Zusammenhang zwischen Leistungsübertragung und dem Vorgang des Ansaugens, der eben bereits ein Teil der Leistungsübertragung ist, gegeben.

Schreibt man nun im Anschluß hieran die Hauptgleichung in der Form

$$M = \frac{Q\,\gamma}{g}\,(r_2\,c_{u2} - r_1\,c_{u1})$$

an, so ist der Drall am Eintritt $(r_1\,c_{u1})$ natürlich nur dann in Hinblick auf die Leistungsübertragung abzugfähig vom Drall am Austritt $(r_2\,c_{u2})$, wenn er nicht durch das Rad selbst schon erzeugt ist, sondern auf irgendeinem andern Weg, etwa durch Richtungs- und Querschnittsänderung in einem vorgeschalteten Leitapparat, einer Spirale oder sonst einem geeigneten Zuführungsorgan. Für die Ausbildung des Eintrittsverlaufes gemäß der Forderung stoßfreien Eintritts ist die Feststellung eines etwaigen Eintrittsdralles auf jeden Fall erforderlich.

Die Auslegung der Hauptgleichung von der Form

$$H_{\mathrm{th}\,\infty} = \frac{1}{g}\,(u_2\,c_{u2} - u_1\,c_{u1})$$

in der Weise, wie sie von Herrn Schmidt vorgenommen wird, das dem obengenannten Eintrittsdrall entsprechende Glied $\frac{u_1\,c_{u1}}{g}$ sei „durch die Saugwirkung bedingt" und deshalb von der theoretischen Förderhöhe mit unendlicher Schaufelzahl in Abzug zu bringen, ist demnach unmöglich.

Die Berücksichtigung der Schaufelzahl, etwa nach Verfahren, wie sie in den genannten Veröffentlichungen angewendet sind, ist bei folgerichtiger Auswertung der in der Praxis ja zahlreich vorhandenen Versuchsergebnisse die einzige Möglichkeit zu einer einwandfreien Vorausbestimmung der zu erwartenden Minderleistung ausgeführter Räder.

Karlsruhe Dipl.-Ing. W. Buschhorn

Entgegnung

Dipl.-Ing. Buschhorn versucht darzulegen, daß die „Saugwirkung" der Laufradschaufeln als ein Bestandteil der Energieübertragung zu werten sei. Die Notwendigkeit einer Saugwirkung ist somit wohl anerkannt, ihre physikalische Bedeutung jedoch im Gegensatz zu meiner Auffassung wesentlich beschränkt.

Es ist durchaus richtig, daß die Leistung in einem Kreiselrad auf die Weise übertragen wird, daß die umlaufenden Schaufeln die Förderflüssigkeit vor sich herschieben. Bei diesem Vorgang der Energieübertragung nimmt aber in jedem Fall der Druck zu, da ja die Abweichung der Strömung von der ursprünglichen Richtung nur unter Druckanwendung möglich ist. Weit innerhal eines Schaufelkanals, dort wo der Einfluß vom Ein- od Austritt her keine Bedeutung besitzt, sind die Druckve hältnisse an der Vorderseite und der Rückseite der Schaufel auf Grund der bekannten Energiegleichungen festzustelle Dabei ergeben sich naturgemäß die höchsten Drücke a den Vorderseiten der Schaufeln und die geringsten an de Rückseiten.

Insoweit von Buschhorn auf diese Zusammenhänge hi gewiesen wird, ist seinen Darlegungen nichts hinzuzufüge Nun scheint der Verfasser aber diesen Energiezustand we innerhalb eines Laufradkanales auch für die Strömung i Kanaleinlauf anzusetzen. Er folgert sogar, daß sich de Druck an der Rückseite der Schaufeln im Kanaleinlauf durc die Energiezufuhr unter dem Druck der vor dem Rade b findlichen Flüssigkeitsmassen erniedrige und so infolge de Energiezufuhr eine Saugwirkung ausgeübt werde.

Die Zuströmung der Flüssigkeit zum Laufrade hin kan aber keinesfalls durch eine irgendwie geartete Leistungsübe tragung auf die im Rade befindliche Flüssigkeit erzwung werden, weil jede Energiezufuhr mit Drucksteigerung unlö lich verbunden ist. In diesem Sinne geht die Auffassun des Verfassers fehl, wenn sie die Energiewirkung mit ein Drucksenkung verknüpfen möchte, die zum Ansaugen d vor dem Rade befindlichen Flüssigkeit führen könnte. Ei derartige Vorstellung hätte doch wohl als Voraussetzun daß das Wasser imstande wäre, Zugspannungen aufz nehmen.

Der Verfasser erkennt an, daß die ankommend Flüssigkeitsmassen ein Gefäll im Einlauf des Rades vo finden müssen, kommt aber dadurch, daß er dieses Gefä der Energiewirkung der Druckseite der Schaufeln zuschieb in einen Widerspruch seiner Anschauungen. Löst ma aber den Vorgang der Saugwirkung von dem der Energi übertragung, dann fällt dieser Widerspruch fort.

Zur Veranschaulichung der Strömung im Einlauf d Schaufelkanäle könnte man auf die Strömung um d Vorderkante von Tragflügeln hinweisen, wobei in eine Kreiselrade der von der Druckseite beeinflußten Flüssi keit Energie zugeführt wird, während in der Nähe d Schaufelrückseiten bei gleichbleibendem Energieinhalt d Flüssigkeitsmassen die Saugwirkung ausgeübt wird. D von der Saugwirkung beeinflußten Massen können ihre Energieinhalt aus dem oben angeführten Grunde nic ändern.

Zu dem Einfluß der Schaufelzahlen möchte ich b merken, daß es für die zugeführte Gesamtleistung belan los ist, von welcher Längserstreckung die einzelnen Scha feln sind, wenn nur die Ausströmung aus einem Laufra mit 90° Austrittswinkel mit genügender Genauigke radial verläuft. Dies ist bei dem Rade mit 135 mm Dm und 90 Schaufeln am Austritt gewährleistet.

[D 120 d] Paul Schmidt

Rückäußerung

Die Einwände des Herrn Schmidt geben mir keine Ve anlassung, sie nochmals im einzelnen zu widerlegen. In besondere versage ich mir eine Kritik des vierten Absatz in dem Herr Sch. die Verknüpfung von Energiewirkung u Drucksenkung nur unter der Voraussetzung für möglic hält, daß Wasser imstande wäre, Zugspannungen aufz nehmen. W. Buschhorn

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7. — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7.

EITSCHRIFT DES VEREINES
EUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

71 SONNABEND, 25. JUNI 1927 NR. 26

Fünfzig Jahre Patentamt

Von Dr. B. Rösing, Geheimer Regierungsrat, Berlin.

Entwicklung des Patentwesens im In- und Ausland — Entstehung des deutschen Patentamts unter dem Einfluß der Industrie und der technischen Verbände — Ausbau des Amtes und Ausdehnung seiner Zuständigkeit auf verwandte Rechtsgebiete — Bedeutung für das Wirtschaftsleben — Rückblicke und Ausblicke

as Reichspatentamt schickt sich an, sein goldenes Jubiläum zu begehen: am 1. Juli dieses Jahres sind 50 Jahre verstrichen, seitdem es als „Kaiserliches Pa-t" ins Leben getreten ist. Es hat mehrfach Wandlun-rchzumachen gehabt, und auch von ihm gilt das Schil-Wort von der Gunst und dem Haß der Parteien, er Ausdruck im strengsten, gerichtlichen Sinne ge-nt. Denn wer, vor Gericht wie vor dem Patentamt, mpf für das, was er für sein Recht hält, unterliegt, f den, der das Urteil gefällt hat, nicht gut zu en. Aber in unparteiischem Munde überwiegt die ennung für das, was das Patentamt an sachlicher , auf technischem wie rechtlichem Gebiete geleistet nd für die Dienste, die ihm die Industrie und ins-ere die deutsche Industrie zu verdanken hat. So las Amt und jeder, der helfend und fördernd an sei-iege gestanden und es auf seinem nicht immer losen Wege begleitet hat, mit Befriedigung auf die senen 50 Jahre zurückblicken. Zu diesen Förde-ehört mit in erster Reihe der Verein deutscher In-ere, der deshalb auch nicht fehlen darf unter denen, n Jubilar heute ihre Glückwünsche darbringen.

Vorgeschichte

s Patentwesen blickt bereits auf eine Geschichte ehreren Jahrhunderten zurück. Seine Vorläufer die Privilegien, die auf ähnlichen wirtschaftlichen iungen, aber auf anderen Rechtsgrundsätzen beruhten; sie waren Ergebnisse willkürlicher Entschließungen der Staatsgewalt, nicht, wie die Patente, Ausflüsse gesetzlicher Normen. Eines der ältesten aus Deutschland bekannten Privilegien ist dasjenige, das im Jahre 1564 Kurfürst August von Sachsen durch einen „offenen Brief" dem Nürnberger Hieronymus Zurich für eine Erfindung zum Auffangen von Hüttenrauch erteilt hat und durch das dem Erfinder auf fünf Jahre Ausschlußrechte für die Benutzung der Erfindung sowie auf zwei Jahre Vergünstigungen hinsichtlich des Zehnten für den gewonnenen Flugstaub gewährt wurden. Auch in der Schweiz und in Frankreich wurden in demselben und dem folgenden Jahrhundert ähnliche Privilegien erteilt.

Der erste gesetzgeberische Schritt zur Einführung von Erfindungspatenten war der Erlaß des englischen Gesetzes von 1623, das bereits viele der den heutigen Patentgesetzen zugrunde liegenden Gedanken, z. B. die zeitliche Begrenzung des Patentschutzes, verwirklichte. Ihm waren mancherlei Kämpfe und Erörterungen vorausgegangen, durch die das Parlament und die Gerichte auf die Beseitigung der willkürlichen, oft nur dem Geldbedürfnis des Hofes entspringenden, Privilegien einwirkten.

Dem englischen Beispiel folgten im Jahre 1762 Frankreich und im Jahre 1790 die Vereinigten Staaten von Amerika. In Deutschland bildete die politische Zersplitterung ein Hindernis für die Entwicklung und die Wirksamkeit der Patente, aber die wichtigeren Industriestaaten

haben für ihr begrenztes Gebiet das Patentwesen geregelt, Österreich 1794, Preußen 1815, Württemberg 1819, Großherzogtum Hessen 1820, Bayern 1825, Baden 1845, Hannover 1847, Kurhessen 1852. In den kleineren Staaten war die Regelung meist dem Einzelfall überlassen, die Hansestädte und Mecklenburg erteilten keine Patente. Buntscheckig wie diese Liste waren auch die Bestimmungen im einzelnen, so hinsichtlich der behördlichen Zuständigkeit und der Dauer des Patentschutzes. Erst der Zollverein, dieser bedeutungsvolle Vorläufer der deutschen Einigung, hat eine gleichmäßigere Auffassung wenigstens in die Wege geleitet.

Aber nicht nur die räumliche Beschränkung des dem einzelnen Patent zukommenden Schutzgebietes, sondern auch die Handhabung der erlassenen Bestimmungen hat dazu beigetragen, das Patentwesen zu unterdrücken. Es herrschte vielfach eine unverkennbare Abneigung gegen die Erteilung von Patenten und es wurden daher dem Patentsucher Schwierigkeiten in den Weg gelegt. So konnte das Patentwesen seine Nützlichkeit nicht erweisen, und dadurch gewann die Gegnerschaft dauernd neue Waffen. Der Widerspruch stützte sich vielfach auf Anschauungen, die uns heutzutage geradezu unverständlich scheinen, so z. B. ganz unverblümt auf die Hoffnung, die im Ausland erzielten Fortschritte unbestraft und unbeschwert mitgenießen zu können.

In der Verfassung des neuen Deutschen Reiches wurde diesem die Zuständigkeit für die Erteilung von Erfindungspatenten sowie für das geistige Eigentum vorbehalten. Alsbald wurden Schritte zur Erfüllung dieser Aufgabe unternommen. Vorläufige ernsthafte Plänkeleien hatten schon vorher eingesetzt. Gegenüber den Stimmen, die die vollständige Beseitigung des Patentschutzes forderten, mehrten sich in der Industrie die gegenteiligen Auffassungen. Besonders trat der Verein deutscher Ingenieure in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts als Kämpfer in die Schranken. Ihm schlossen sich die Deutsche Chemische Gesellschaft und andere angesehene und einflußreiche Körperschaften an.

Im Jahre 1876 veranstaltete dann das Reich eine Untersuchung, bei der in mündlicher Verhandlung in den Tagen vom 29. August bis 2. September hervorragende Männer der Industrie und der Wissenschaft, u. a. Brüning (Höchst), Hasenclever (Aachen), Klostermann, Lürmann (Osnabrück), Meidinger (Karlsruhe), Möller (Bielefeld), Werner Siemens, gehört wurden. Dabei wurde die grundsätzliche Frage, ob sich für Deutschland ein gesetzlicher Schutz für Erfindungen empfehle, mit allen Stimmen gegen eine (die eines späteren eifrigen Patentamtmitgliedes!) bejaht; soweit hatten sich bereits die Anschauungen geklärt! Auch in den anderen grundlegenden Fragen herrschte eine nahezu einhellige Auffassung, nur über die Frage des Erteilungsverfahrens, ob Anmelde- oder Prüfungssystem, zeigte sich eine gewisse Zersplitterung der Ansichten, doch sprach sich die überwiegende Mehrheit für die Vorprüfung aus.

Auf Grund der Ergebnisse einer Untersuchung legte der Reichskanzler am 6. Februar 1877 dem Bundesrat, am 24. Februar 1877 dem Reichstage den Entwurf eines Patentgesetzes vor. Dieser wurde am 2. März, 1. Mai und 3. Mai in drei Lesungen beraten und im wesentlichen in der Fassung der Kommission mit „sehr erheblicher" Mehrheit angenommen. Von den Rednern sprach sich nur der Abgeordnete Richter (Hagen) unbedingt gegen Patentschutz überhaupt aus, und der Abgeordnete Reichensperger (Krefeld) hegte praktische Bedenken und wünschte deshalb Zurückstellung des Gesetzes.

Am 1. Juli 1877 trat das unter dem 25. Mai erlassene Gesetz in Kraft. Damit war also auch die Entscheidung zugunsten des Prüfungsverfahrens gefallen. Die Schutzdauer war auf 15 Jahre bemessen; 1923 wurde sie auf 18 Jahre verlängert.

Einrichtung des Patentamtes

Über die Einrichtung des Patentamts waren mehrere Ansichten hervorgetreten, aber die Bitte vom Regierungstisch, man möge sich vorläufig nicht festlegen und die noch erst zu sammelnden Erfahrungen abwarten, wurde als berechtigt anerkannt. Mit dem ausdrückliche[r]
behalt der Vorläufigkeit trat nun das Patentamt in
eigenartigen Aufbau ins Leben. Man hat früher s
weise gesagt, das Patentamt bestände nur aus eine
zigen höheren Beamten, nämlich dem Präsidenten.

Das war insofern richtig, als sämtliche Mitgl
stellen, die technischen wie die juristischen, neben
lich wahrgenommen wurden. Da man unter diese
ständen die mühsame und mannigfaltige Kleinarbe
Mitgliedern nicht zumuten konnte, wurden ihnen t
sche Hilfsarbeiter beigegeben, die hauptamtlich
waren. Außerdem fiel ein großer und verantwort
Teil der Arbeit der Geschäftstelle zu.

Die nebenberufliche Stellung der Mitglieder
ihre Vorzüge und ihre Nachteile. Es gelang, fül
Männer aus Industrie und Wissenschaft zu gew
Werner Siemens, A. W. Hofmann, Martius, Sch
Reuleaux, Bruno Kerl, Wedding, Wichelhaus, Del
Hartig u. a. Ebenso waren die Juristen Männer
Ranges, so die Geheimräte von Moeller und Niebe
Als Leiter trat Ministerialdirektor Jacobi an die
der neuen Behörde, gleichfalls eine ausgezeichnete

Der Umstand, daß hervorragende Vertreter d
dustrie in maßgebender Weise im Patentamt wi
sicherte diesem von vornherein ein großes Maß von
tung und Vertrauen im In- und Ausland. Vor allen
waren diese Männer befähigt, dem Amt diejenige Ric
zu weisen, die der Industrie zum Heile gereichen r
Diese beiden Vorzüge wirken bis zum heutigen Tage

Als Nachteile standen dem gegenüber, daß a
Dauer kaum erwartet werden konnte, Männer
arbeits- und verantwortungsreicher Stellung w
einen großen Teil ihrer Zeit und Kraft ihrem ei
Beruf entziehen, um sich Angelegenheiten zu widme
doch zu einem wesentlichen Teil ohne unmitte
Nutzen für sie waren. Es war daher unvermeidlic
den technischen Hilfsarbeitern eine Verantwortun
Selbständigkeit zufiel, der wohl mancher von ihn
wachsen sein mochte, die aber der amtlichen Stellu
Hilfsarbeiters nicht entsprach. Es lag in dem
gemäßen Gang der Entwicklung, daß mancher vo
anfänglich tätigen Männern ausschied, und daß s
lich durch die Patentnovelle vom 7. April 1891, d
1. Oktober 1891 in Kraft trat, die Gliederung des
geändert wurde. Die untere Instanz wurde ausschl
aus hauptamtlichen Mitgliedern gebildet; in der
Instanz dagegen, die nun erst scharf von der u
getrennt wurde —, vorher dienten die Abteilunge
selben Fachgruppe einander wechselweise als Beschw
instanz — wurde zunächst an der Besetzung der
nischen Stellen und, soweit es sich um den Vorsit
delte, auch der juristischen Stellen mit nebenberu
Mitgliedern festgehalten. Mit der Zeit wurden abe
die Beschwerdeabteilungen und die Nichtigkeitsabt
mehr und mehr durch hauptamtliche Mitglieder b
eine Entwicklung, die vor kurzem zum Abschluß g
men ist.

Neue Aufgaben des Patentamtes

Inzwischen waren dem Patentamt noch n
andre Aufgaben zugefallen. Durch das Gebrauchsm
gesetz vom 1. Juni 1891, in Kraft seit dem 1. O
1891, und durch das Warenzeichengesetz vom 12. Ma
in Kraft seit dem 1. Oktober 1894, wurde seine Tä
wesentlich erweitert. Das Gesetz über die Patenta
vom 21. Mai 1900, in Kraft seit dem 1. Oktober 1900
auch dem Patentamt viele Aufgaben bei der P
der Anwärter und der Ehrengerichtsbarkeit zu.

Sehr bedeutsam, auch für den Geschäftsgang
halb des Amtes, war der Beitritt Deutschlands zur
nationalen Union zum Schutze des gewerblichen
tums am 1. Mai 1903. Durch den Weltkrieg und
unglücklichen Ausgang wurden jedoch diese Fäde
rissen, es wurden sogar Deutschen gehörige P
ungeachtet des Grundsatzes von der Unverletzl
des Privateigentums, beschlagnahmt und verschle

In welchem Maße die Allgemeinheit von den M
keiten Gebrauch gemacht hat, die ihm das Paten

brauchsmuster- und Warenzeichengesetz dargeboten haben, ergibt die von dem Patentamt gelieferte, in sehr eingehender Weise im Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen veröffentlichte Statistik, s. Zahlentafel 1, Abb. 1. Daraus ist ersichtlich, daß sich die Zahl der Patentanmeldungen und -erteilungen, der Gebrauchsmuster und Warenzeichen, abgesehen von der Kriegzeit, ziemlich gleichmäßig in stark steigender Linie bewegt hat. Ende 1926 waren 64 236 Patente noch in Kraft.

Zahlentafel 1

	Patent-Anmeldungen	Patent-Erteilungen	Gebrauchsmuster eingetragen		Warenzeichen eingetragen
1877	3 212	190	—		—
1878	5 949	4 200	—		—
1879	6 528	4 410	—		—
1880	7 017	3 966	—		—
1881	7 174	4 339	—		—
1882	7 569	4 131	—		—
1883	8 121	4 848	—		—
1884	8 607	4 459	—		—
1885	9 408	4 018	—		—
1886	9 991	4 008	—		—
1887	9 904	3 882	—		—
1888	9 869	3 923	—		—
1889	11 645	4 406	—		—
1890	11 882	4 680	—		—
1891	12 919	5 550	2 095	angemeldet	—
1892	13 126	5 900	9 066		—
1893	14 265	6 430	11 354		—
1894	14 964	6 280	15 259		1 496
1895	15 063	5 720	17 399		10 958
1896	16 486	5 410	19 090		8 881
1897	18 347	5 440	21 329		7 052
1898	20 321	5 570	23 199		6 716
1899	21 080	7 430	21 831		6 448
1900	21 925	8 784	21 432		5 581
1901	25 165	10 508	20 700		5 104
1902	27 565	10 610	24 102		5 155
1903	28 313	9 964	24 548		8 307
1904	28 360	9 189	26 001		9 867
1905	30 085	9 600	26 589		8 663
1906	33 822	13 430	28 255		9 479
1907	36 763	13 250	30 657		10 299
1908	40 312	11 610	35 248		9 534
1909	44 411	11 995	43 510		11 500
1910	45 209	12 100	42 470		13 500
1911	44 929	12 640	44 660		14 600
1912	45 815	13 080	44 050		15 900
1913	49 532	13 520	47 550		17 300
1914	36 772	12 350	37 890		14 725
1915	21 041	8 190	19 200		6 825
1916	24 469	6 271	16 190		6 940
1917	24 458	7 399	16 680		6 830
1918	30 049	7 340	20 800		6 637
1919	43 279	7 166	34 000		12 175
1920	53 527	14 452	34 300		17 518
1921	56 721	15 642	40 600		19 700
1922	51 762	20 715	31 600		18 620
1923	45 209	20 526	26 800		13 240
1924	56 831	18 189	31 800		16 640
1925	64 910	15 877	40 600		19 800
1926	64 384	15 500	41 100		16 000
zusammen	1 339 065	439 087	991 954		361 990

Wirtschaft und gewerblicher Rechtschutz

Die oben angegebenen Zahlen reden eine eindringliche Sprache in bezug auf die Bedeutung, die das Patentwesen und die anderen dem Patentamt zugewiesenen Rechtsgebiete für das Wirtschaftsleben haben. Aber sie sind nur ein äußerlicher Maßstab. Die innere Bedeutung läßt sich in gleich handgreiflicher Weise nicht erkennen und darstellen. Bezeichnend ist aber, daß der frühere grundsätzliche Widerstand gegen die Erteilung von Patenten völlig verstummt ist und daß auch kaum noch Stimmen laut werden, die das Vorprüfungsverfahren bekämpfen. Zu erwähnen ist ferner, daß Abmachungen über Ausnutzung von Erfindungen im Ausland oft von der Erteilung des deutschen Patentes abhängig gemacht werden. Bedeutsam ist aber vor allem, daß manche der wichtigsten Industrien Deutschlands, so die chemische, die elektrische, die Maschinenindustrie in ihren führenden Vertretern und Firmen ausgiebigen Gebrauch vom Patentschutz machen.

Um nur aus neuester Zeit einige hervorstechende Beispiele zu nennen, sei an die Bindung des Luftstickstoffs, an die Kohlenverölung, an den Rundfunk erinnert. In das halbe Jahrhundert, auf das das Patentamt zurückblickt, fielen fast alle bahnbrechenden Erfindungen der Neuzeit, die stürmische Entwicklung des Automobilwesens, die Beherrschung der Luft durch Flugzeug und Luftschiff, die Umwälzung im Beleuchtungswesen, der Dieselmotor, die Entphosphorung des Eisens; sie alle und viele andre bedeutungsvolle Neuerungen haben ihren Siegeszug unter dem Zeichen des Patentschutzes vollführt. Es sind nicht viele Beispiele hervorragender Erfindungen aus neuerer Zeit bekanntgeworden, deren Urheber bei klarer Erkenntnis des Wertes der Erfindung bewußter Weise, lediglich aus Gemeinsinn, auf Patentschutz verzichtet haben, so Henze, dem das Gärungsgewerbe den bahnbrechenden Kartoffeldämpfer verdankt, und vor allem Röntgen, dessen Entdeckung der neuen Strahlen zugleich eine Erfindung von vielseitigster Bedeutung war.

Über den Wert des Gebrauchsmusterschutzes scheinen die Stimmen nicht so einheitlich zu lauten, wie bezüglich des Patentschutzes; aber der umfangreiche Gebrauch, der von Gebrauchsmustern gemacht wird, spricht doch dafür, daß weite Kreise auch auf diese Form des Schutzes beträchtlichen Wert legen. Der Schutz der Warenzeichen wird anscheinend allgemein als etwas einfach Selbstverständliches erachtet.

Abb. 1 Zahl der jährlich angemeldeten und erteilten Patente, Gebrauchsmuster und Warenzeichen

Die Tätigkeit des Patentamtes

Die Prüfung der Patentanmeldungen war so gedacht, daß sie schon in erster Instanz in zwei scharf getrennte Schritte zerfiel. Zunächst lag sie dem von seinem technischen Hilfsarbeiter oder, wie er später hieß, ständigen Mitarbeiter unterstützten Vorprüfer ob, der sie formell wie sachlich so weit zu fördern hatte, daß er die Anmeldung für reif zur Bekanntmachung oder zur Abweisung hielt. Ihm stand zu diesem Zweck das umfassende literarische Werkzeug zur Verfügung, dessen sorgsame Ordnung eine unerläßliche, Tag für Tag sich wiederholende Pflicht für ihn ist. Die Druckschriften zeigten auf den einzelnen Fachgebieten wesentliche Verschiedenheiten; in manchen Klassen sind sie zum großen Teil Lehrbücher und Zeitschriften oder Auszüge daraus, daneben natürlich die deutschen und wichtigsten ausländischen Patentschriften, während auf andern Gebieten fast oder ganz allein Patentschriften in Frage kommen.

Hatte der Vorprüfer die Prüfung abgeschlossen, so übergab er die Anmeldung der Anmeldeabteilung zur Beschlußfassung. Dabei hatte das Gesetz den Vorprüfer, der einen abweisenden Vorbescheid erlassen hatte, aus Besorgnis der Befangenheit von der Teilnahme an der Abstimmung der Anmeldeabteilung ausgeschlossen, eine Vorsichtsmaßnahme, deren Berechtigung sich in der Praxis nicht bestätigt hat.

Wurde die auf acht Wochen bemessene Auslage der Anmeldung beschlossen, so wurde das Recht der Allgemeinheit wirksam, sich an der Prüfung durch Erhebung von Einsprüchen zu beteiligen; von diesem Recht wird jederzeit ein ausgiebiger und den Wert des Patents steigernder Gebrauch gemacht.

Gegen die Entscheidungen der Anmeldeabteilungen stand den Beteiligten das Beschwerderecht zu. In der Not der Kriegsjahre und ihrem Mangel an Arbeitskräften wurde das geschilderte Verfahren vereinfacht. Die Besetzung des Spruchkollegiums in Beschwerdesachen wurde verringert und, was allerdings schon früher in Erwägung gezogen worden war, dem Prüfer eine größere Selbständigkeit eingeräumt. Er hatte nunmehr selbst über Bekanntmachung und Abweisung sowie über die Einsprüche zu entscheiden. Die Beschwerde gegen seine Entscheidungen ging unmittelbar an die Beschwerdeabteilungen.

Mit dieser Vereinfachung im Geschäftsgang, mit der man auch nach Beschleunigung gestrebt hatte, wurden die Anmeldeabteilungen in dem Prüfverfahren ausgeschaltet und im wesentlichen auf Verwaltungsangelegenheiten beschränkt. Das hatte den Nachteil, daß der Zusammenhang zwischen den vielen Einzelprüfern, die zum Teil auch ohne ständigen Mitarbeiter tätig waren, verloren ging, was die Einheitlichkeit der Auffassung gefährdete und vorübergehenden Ersatz bei Behinderung des Prüfers fast unmöglich machte, während früher der Berichterstatter der Anmeldeabteilung, der mit dem Fachgebiet in dauernder Fühlung blieb, wenigstens leidlich als Nothelfer diente. Die Rückkehr zu dem alten Verfahren, daß wenigstens die Entscheidung über Einsprüche wieder der Anmeldeabteilung überwiesen wurde, ist daher als Fortschritt zu begrüßen.

Ist ein Patent erteilt, so hat es der Prüfer schließlich noch bei der Drucklegung der Patentschrift zu betreuen.

Die Mitglieder der Beschwerdeabteilungen haben außer im Erteilungsverfahren auch auf anderen wichtigen Gebieten zu wirken. Sie sind zugleich Mitglieder der Nichtigkeitsabteilung, die als untere Instanz über Nichtigkeitsklagen zu entscheiden hat. Die obere und letzte Instanz ist das Reichsgericht, das auch auf diesem Gebiete warme und berechtigte Anerkennung gefunden hat und in wesentlicher Weise zur Klärung und Vertiefung der Rechtsanschauungen beigetragen hat. Dennoch hat die Frage viel für sich, ob nicht auch die zweite Instanz in das Patentamt oder einen mit ihm verbundenen Patentgerichtshof zu verlegen sei.

Ferner liegt den Beschwerdeabteilungen die Erstattung von Gutachten für die Gerichte über Patentverletzungen ob; doch hat man, um die sonst unvermeidliche Überhäufung des Amtes zu vermeiden, das Recht der Gerichte, solche Gutachten zu fordern, durch das Gesetz von 1891 auf die Fälle beschränkt, wo bereits zwei einander widersprechende Gutachten gerichtlicher Sachverständiger vorliegen.

Die begutachtende Tätigkeit des Patentamts bildet insofern eine wertvolle Ergänzung zu der im allgemeinen etwas abstrakten Arbeit, als dabei die bereits greifbar vorliegenden Erfahrungen zu würdigen sind.

Dies gilt auch und vielleicht in erhöhtem Maße von der den Beschwerdeabteilungen zugewiesenen Zuständigkeit in Fragen der Zwangslizenzen, die seit 1891 an die Stelle des früheren Ausführungszwanges getreten sind. Auch bei diesen bildet das Reichsgericht die höhere Instanz.

Mancherlei Verwaltungsaufgaben des Patentamtes in Gebührensachen, Stundungsfragen, Kostenfestsetzungen usw. seien nur nebenbei erwähnt. Hinzuweisen ist aber auf die vielbenutzte Auslegehalle, wo dem Besucher außer den ausgelegten Patentanmeldungen gut geordnete Patentschriften, ferner die Patentrolle und andre Übersichten, sowie zur Einsicht an Ort und Stelle die Bücher aus der reichhaltigen und vielseitigen Bibliothek des Amtes zur Verfügung stehen.

Auch bei der Handhabung des Gebrauchsmustergesetzes handelt es sich im wesentlichen um Verwaltungsfragen, da hier keine sachliche Prüfung stattfindet.

In Warenzeichensachen dagegen sind, abgesehen von der sehr bedeutsamen geschäftlichen Behandlung, einschneidende sachliche Prüfungen vorzunehmen, die sich in erster Linie auf die Gleichartigkeit der Waren und die Verwechselbarkeit der Zeichen richten. Auf diesem Gebiete sind wieder beide Instanzen im Patentamt vereinigt.

Mit dem steigenden Geschäftsumfang und der damit Hand in Hand gehenden Vermehrung der Beamten[1]) wurde es dem Patentamt in seinem Gehäuse bald zu eng. Schon im Jahre 1891 mußte es aus den beschränkten Räumen in der Königgrätzer Straße nach der Luisenstraße übersiedeln, aber auch das dortige, durch gemietete Wohnungen notdürftig vergrößerte Haus reichte bald nicht mehr aus. Im Jahre 1905 wurde dann das jetzige stattliche Gebäude[2]) bezogen, das für absehbare Zeit genügen dürfte, vergl. das Titelbild.

In der Beamtenschaft vollzog sich schrittweise außer dem Ersatz der nebenberuflichen Kräfte durch hauptamtlich beschäftigte Beamte noch insofern ein bedeutungsvoller Wandel, als die Techniker auch zu den leitenden Stellen, die anfangs nur durch Juristen besetzt waren, Zugang erhielten. Aber noch sind die Aufstiegmöglichkeiten für die Techniker weit ungünstiger, als die der Juristen. Auch die Stellung des Amtes innerhalb der Gesamtheit der Behörden ist noch keineswegs befriedigend, obgleich Industrie und andre berufene Kreise immer wieder auf eine Besserung dieser Lage gedrängt haben.

Andre Aufgaben des Patentamtes

Noch andre wichtige Fragen harren der Erledigung. Zur Erzielung größerer Einheitlichkeit in Rechts- und Verwaltungsfragen ist die Schaffung eines „großen Senates" in Erwägung gezogen worden, dessen Entscheidungen bis auf weiteres maßgebend für alle Dienststellen im Amte sein sollten. Die Angelegenheit ist aber noch nicht zum Abschluß gekommen. Vielleicht bringt die in Vorbereitung befindliche Novelle zum Patentgesetz die wünschenswerte Regelung.

Viele Kämpfe hat die Frage gekostet, ob es zweckmäßig war, durch das Patentgesetz von 1891 die Patente unter bestimmten Voraussetzungen und nach einer bestimmten Lebensdauer gegen Nichtigkeitsklagen zu schützen. Auch in diesem Falle stehen sich Vorteile und Nachteile gegenüber, aber es scheint doch, als ob es bei der gegenwärtigen Regelung bleiben solle.

Ebenso ist der Streit über die Gebühren — wie hoch, ob einmalige oder Jahresgebühren, und wie diese zu staffeln — anscheinend in ein ruhigeres Fahrwasser gelangt.

Die mehr auf dem Rechtsgebiete liegenden Fragen der entscheidenden Mitwirkung des Patentamtes bei Ver-

---

[1]) Zur Zeit etwa 800 Beamte, darunter 1 Präsident, 7 Direktoren, 39 Abteilungsvorsitzende und Mitglieder der Beschwerdeabteilungen, 127 Mitglieder der Anmeldeabteilungen.

[2]) Z. Bd. 49 (1905), S. 612.

Auslegehalle des Reichspatentamtes

Blick in einen Teil der Bücherei des Reichspatentamtes, die sich vom zweiten bis fünften Stock erstreckt

letzungsklagen, der Zuziehung von Technikern als Mitglieder der Gerichte bei Patentstreitigkeiten, der Regelung der Abhängigkeit mehrerer Patente voneinander, seien hier nur gestreift.

In fast allen Zweigen der von dem Patentamt ausgeübten Tätigkeit bildet das persönliche Ermessen einen nicht auszuschaltenden, aber vielfach Angriffen ausgesetzten Umstand. Er ist um so heikler, als die Erfindungen zur Zeit ihrer Anmeldung oft oder meistens noch unerprobt sind, so daß noch keine greifbare Unterlagen für ein sicheres Urteil, das vielfach nichts anderes als ein Werturteil sein kann, vorliegen. Über die sogenannte Erfindungshöhe und über den erzielten Fortschritt kann daher oft nur das „technische Gefühl" einen Anhalt geben. Dieses wird zuverlässiger sein, wenn der urteilende Beamte vor seinem Übertritt zum Patentamt in praktischem Betrieb und am besten auch an eigenen Erfindungen Erfahrungen gesammelt hat, und wenn er dauernd mit dem von ihm bearbeiteten Gebiet durch Besichtigungen und persönliche Berührung in Fühlung bleibt; denn jedes Fachgebiet hat seinen eigenen Maßstab in bezug auf die Erfindungshöhe und darf nur mit diesem Maßstabe gemessen werden.

Ein eigenartiges und trübseliges Kapitel bilden die irrsinnigen Erfinder. Bei manchen Geisteskranken richtet sich der Wahn auf weltbeglückende oder Riesenerfolge versprechende Erfindungen, anderseits werden manche eifrige Erfinder gerade erst durch ihr stetes Grübeln irrsinnig. Naturgemäß spielen dabei das Perpetuum mobile und die Herstellung von Gold und Diamanten, daneben auch vernichtende Waffen, verheerende Sprengstoffe, zum Aufstieg nach dem Monde geeignete Luftschiffe eine Hauptrolle. Das Patentamt hat sich nicht immer der peinlichen Pflicht entziehen können, den Anstoß zur Entmündigung dieser Unglücklichen zu geben. Erstaunlich ist, daß es manchen von ihnen gelungen ist, andere Leute vom Wert ihrer Erfindungen in solchem Maße zu überzeugen, daß sie erhebliche Opfer dafür gebracht haben.

Daß vielfach auch betrügerische Erfinder und Patentpiraten versuchen, das Patentwesen für ihre Zwecke zu mißbrauchen, ist ebenso begreiflich wie bedauerlich.

Eine stets wiederkehrende Erscheinung ist, daß Vorgänge, die die öffentliche Aufmerksamkeit auf sich lenken, z. B. erschütternde Unglücksfälle, eine Flut von Patentanmeldungen nach sich ziehen.

Daß der Weltkrieg einen einschneidenden Einfluß auf das Patentamt ausgeübt hat, liegt auf der Hand und ist oben bereits erwähnt. Vor eine schwierige Aufgabe stellte er die Behörde auch durch das Gesetz vom 27. April 1920 über die Verlängerung der Patente um die Kriegsdauer. Dieses wurde nach mancherlei Schwanken der maßgebenden Stellen schließlich etwas überstürzt herausgebracht und wies infolgedessen Lücken und Unklarheiten auf, mit denen sich das Patentamt bei der Handhabung abfinden mußte, und zwar, wenn nicht der Zweck überhaupt verfehlt werden sollte, in kürzester Frist. Das Amt war vor die mißliche Aufgabe gestellt, zwei unbekannte Größen in Vergleich zu ziehen, die Nutzung des Patents, die es in der Kriegszeit tatsächlich erreicht hat, und die natürlich vollends problematische Nutzung, die es erfahren hätte, wenn der Krieg nicht gekommen wäre. Das Patentamt hat sich bei seinen Entscheidungen von weitem Entgegenkommen leiten lassen und damit, wie es scheint, nach allgemeiner Anschauung das Richtige getroffen. Aus sachlichen Gründen sind nur wenige Verlängerungsanträge abgelehnt worden.

Nicht vergessen werden darf die literarische Tätigkeit des Patentamts. Seine Aufgabe bei der Veröffentlichung der Patentschriften ist bereits erwähnt. Es gibt ferner heraus das „Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen", das neben den amtlichen Bekanntmachungen, auch des Auslandes, Abhandlungen, sowie Entscheidungen des Patentamts und der Gerichte, namentlich des Reichsgerichts, bringt, ferner die „Auszüge aus den Patentschriften", das „Verzeichnis der erteilten Patente" und das „Warenzeichenblatt".

Erwähnung verdient der sehr sorgsam bearbeitete Katalog der Patentamtsbibliothek; er erleichtert durch sein eingehendes Stichwörterverzeichnis die Benutzung der reichhaltigen, etwa 250 000 Bände umfassenden Bücherei, die das wichtigste Rüstzeug des Patentamtes darstellt. Dem Patentamt ist schließlich die Fortführung des „Repertoriums der technischen Journalliteratur" zu verdanken, das von der preußischen Vorgängerin des Amtes, der „Technischen Deputation für Gewerbe" auf Anregung von Beuth im Jahre 1823 begründet, bis zum Jahre 1908 im Patentamt bearbeitet worden ist.

Das interessante und wichtige, mancherlei praktische und wissenschaftliche Probleme in sich bergende Patentwesen hat, seitdem es Reichssache geworden ist und damit eine gewaltige Steigerung seiner Bedeutung erfahren hat, eine starke Anziehungskraft auf geistreiche Köpfe unter den Technikern und Rechtskundigen ausgeübt, und so hat sich denn ein umfangreiches und überaus wertvolles Schrifttum entwickelt, dem wir eine bedeutsame Vertiefung und Bereicherung unserer Anschauungen verdanken. Lehrbücher, Kommentare, Aufsätze in Zeitschriften, Entscheidungen des Patentamtes und der Gerichte sind in solcher Fülle vorhanden, daß es, schon weil eine gerechte Abgrenzung unmöglich ist, nicht angemessen erscheint, auch nur die hervorragendsten und einflußreichsten Verfasser namhaft zu machen. Aber viele Fragen sind noch nicht endgültig geklärt und neue Fragen werden mit den Fortschritten der Technik auftauchen und die Behörden, die Gelehrten und die Praktiker vor immer wieder neue Aufgaben stellen. Mögen sich auf allen diesen Gebieten auch in Zukunft die richtigen Männer finden, die zum Heil unseres Wirtschaftslebens auf jede Frage die richtige Antwort zu geben wissen, jeder an seinem Platz, aber alle gemeinsam dem gleichen Ziele zustrebend: das Allgemeinwohl zu fördern. [B 511]

Kritische Betrachtungen über die Wertung von Verbrennungsmaschinen

Von P. Langer, Prof. a. d. Technischen Hochschule zu Aachen

Vorgetragen in der Fachsitzung „Verbrennungsmotoren" der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieur Mannheim-Heidelberg 1927

Vergleich- (Ideal-) Prozeß für die Ermittlung der Gütegrade aller Verbrennungsmaschinen ist der Otto-Prozeß. Wichtig für die Wertung sind außer dem Wärmeverbrauch die Abgastemperaturen, die Wärmedichte, die Belüftungszahl und richtig aufgestellte Wärmebilanzen.

Am 17. Mai 1876 wurde das Viertaktverfahren von Otto in England unter Nr. 2081 patentiert. Am 4. August 1877, also vor fünfzig Jahren, wurde es als Deutsches Reichspatent Nr. 532 an die Gasmotorenfabrik Deutz erteilt. Die Klage C. Reithmanns, München, gegen Otto wegen Vorwegnahme der Erfindung wurde in zweiter Instanz abgewiesen. Die dann von Gebr. Körting gegen Otto geführte Nichtigkeitsklage führte zur Vernichtung des Patentes in Deutschland im Jahre 1884. In England wurde die Nichtigkeitsklage abgewiesen, weil dort die bis dahin wenig bekannte und beachtete und nur autographisch, nicht druckschriftlich veröffentlichte Schrift von Alph. Beau de Rochas nicht als patenthindernd galt.

Die Bedeutung des Viertaktpatentes lag jedoch nicht nur im Viertakt selbst, sondern auch in der Vorverdichtung vor der Einleitung der Verbrennung. Beau de Rochas hat zwar schon 1862 in einem Vergleich der Wärmekraftwirkung in Dampf- und Verbrennungsmaschinen auseinandergesetzt, daß nur durch möglichst weit getriebene Vorverdichtung der Ladung eine möglichst vollkommene Ausnutzung der Expansionskraft der Gase erzielt werden könne; trotzdem gebührt Otto das Verdienst, mit dem Viertakt auch die Vorverdichtung in die Technik der Verbrennungsmaschinen eingeführt zu haben.

In seiner Patentbeschreibung heißt es: „Zu diesem Zweck" (nämlich um eine besondere Kompressionsmaschine zu ersparen) „gibt man dem Zylinder an der Seite, von welcher Gas und Luft zugeführt wird, eine Verlängerung, welche nach unsrer Erfindung am besten die Form eines abgestumpften Kegels hat. Diesen abgestumpften Hohlkegel wollen wir in der Folge den Verdichtungsraum nennen."

Die ganzhubige adiabatische Vorverdichtung und die gleichfalls ganzhubige adiabatische Expansion kennzeichnen den thermodynamischen Arbeitsprozeß, der sich bei Vorverdichtung ohne weiteres ergibt, sowohl bei Viertakt als auch bei Zweitakt. Um die ganz unfruchtbare Zersplitterung des thermodynamischen Vergleichprozesses von Verbrennungsmaschinen in Verpuffungsverfahren, in Gleichdruckverfahren und neuerdings auch in gemischte Verfahren hintenanzuhalten, wäre es angebracht, den ganzhubigen Vorverdichtungs- und Expansionsprozeß als Vergleichprozeß für alle heutigen Kolben-Verbrennungsmaschinen zu bestimmen und ihn Otto-Prozeß zu nennen, um durch den Namen dem bahnbrechenden Pionier der Verbrennungsmaschinentechnik ein Denkmal zu setzen.

Ganzhubige Expansion und Verdichtung setzen die Zufuhr der ganzen Wärme im Totpunkt voraus. Diese hat die bestmögliche Wärmeausnutzung, allerdings auch die höchsten Verbrennungsdrücke zur Folge. Es ist verständlich, daß Otto und seine Zeitgenossen mit ihren Schiebermaschinen große Angst vor dem „Explosionsstoß" hatten; daher das Streben nach verlangsamter Verbrennung und geschichteter Ladung, um die Höchstdrücke herunterzusetzen. Diese Maßnahme war begründet in der Unzulänglichkeit der Konstruktions- und Fabrikationstechnik der damaligen Zeit. Nachdem man Hochdruck maschinell beherrschen gelernt hatte, war kein Grund mehr vorhanden, die hohen Verbrennungsdrücke zu fürchten. Tatsächlich drang die richtige Erkenntnis, daß jede Verlangsamung der Verbrennung von Nachteil sei, durch, und Güldner konnte schon in der ersten Auflage seines Werkes 1903 mit Recht schreiben: „Der Streit über die schichtenweise Lagerung und über die verlangsamte Verbrennung ist verstummt. Heute gilt als oberster Grundsatz des Gasmaschinenbaues: Reines, gleichartiges Gemisch und schnelle Verbrennung, ferner reichlich hohe Verdichtung."

Alle diese Grundsätze gelten jedoch nicht nur fü Gasmaschinen, sondern ganz ebenso auch für Ölmaschinen Die Technik ist nicht stehengeblieben. Wenn sie vo etwa 25 Jahren die Verbrennungsdrücke von rd. 25 at i den Gasmaschinen beherrschen konnte, so wird sie heut im Zeitalter des Höchstdruckes mit Verbrennungsdrücke von rd. 50 at in den hochverdichtenden Ölmaschinen fertig werden. Im Zeitalter des Niederdruckes war es durch aus berechtigt, Druckherabsetzung durch verlangsamt Verbrennung anzustreben; es war auch berechtigt, vo etwa 25 Jahren die verlangsamte Verbrennung bei Diesel maschinen in der Form der Gleichdruckverbrennung an zustreben und diesen Prozeß als idealen Vergleichprozeß der Wertung der Maschinen zugrunde zu legen. Heute, im Zeitalter des Höchstdruckes, darf die Gleichdruckverbrennung bei der Dieselmaschine ebensowenig als Ideal an gesehen werden, wie die verlangsamte Verbrennung in der Maschine von Otto.

Diese Erwägungen führen dazu, als Vergleich- (Ideal-)Prozeß auch für die Dieselmaschine den Otto-Prozeß mit ganzhubiger Verdichtung und Expansion und Wärmezufuhr im Totpunkt aufzustellen. Thermodynamisch ist es sicher berechtigt, die Wärmekraftwirkungen in diesen beiden Maschinengattungen auf die gleiche Grundlage zu bringen. Die Art und Weise der Brennstoffzufuhr, auch der Zeitpunkt der Brennstoffzufuhr im Prozeß, ist bei den beiden Maschinengattungen zwar grundverschieden; dies sind jedoch, thermodynamisch betrachtet, nur äußerliche Verschiedenheiten. Für die Beurteilung der Wärmekraftwirkung ist nur Phase und Raschheit der Wärmezufuhr von Belang. Bei beiden Maschinengattungen dauert die Wärmezufuhr (Verbrennung) eine gewisse absolute und relative Zeit (Kurbelwinkel), die durch geeignete Maßnahmen bei der Brennstoffzufuhr, durch Gestaltung des Verbrennungsraumes usw. möglichst abzukürzen, ein Kernpunkt des Gasmaschinen- und Ölmaschinenbaues ist. Es wird nie gelingen, diese Zeit auf Null herabzusetzen. Das hindert aber nicht, dem Idealprozeß die Verbrennungzeit null zugrundezulegen: im Sinne des Begriffes „Ideal" liegt ja dessen Unerreichbarkeit.

Die vollständige Verbrennung im Totpunkt ist nicht nur wegen der endlichen Verbrennungsdauer, sondern auch aus praktischen Gründen unerreichbar; die Drücke würden das Maß des Beherrschbaren überschreiten. Aber auch dies ist kein stichhaltiger Einwand gegen den gemeinsamen Vergleichprozeß. Unlogisch wäre ein Vergleichprozeß nur dann, wenn er nicht das Höchstmaß der Wärmeausnutzung in dem gegebenen Zylinderraum bedeuten würde. Gegen diesen Grundsatz verstößt aber der Gleichdruck-Verbrennungsprozeß. Die Expansion der Verbrennungsgase und somit ihre Wärmekraftwirkung wird um so geringer, je weiter in den Expansionshub hinein sich die Verbrennung erstreckt.

Es ist daher abwegig und für die Entwicklung nicht fördernd, wenn man der Wertung einer Maschine einen Vergleichprozeß zugrunde legt, dem eine thermodynamische Schwäche anhaftet. Das hat bereits dazu geführt, diese Schwäche als Tugend anzusehen. Das gleiche gilt für das neuerdings aufgekommene gemischte Verfahren. Es ist nicht Fisch und nicht Fleisch und läßt der Willkür Tür und Tor offen; es kann also keine Grundlage der vergleichenden Wertung von Verbrennungsmaschinen sein.

Dampfturbinen werden nach ihrem Gütegrad gewertet. Als Gütegrad gilt das Verhältnis von Nutzarbeit zu Arbeit des adiabatischen Wärmegefälles. Diese Wertungszahl hat sich allgemein eingeführt und kennzeichnet durch den Vergleich der Nutzarbeit mit der Arbeit des

Abb. 1 und 2
Temperatur- und Druckverlauf im Zylinder bei verschiedenen Wärmedichten
H_0 kcal/m³ $(V_h + V_c)$ für Verdichtungsverhältnisse $\varepsilon = 5$ und $\varepsilon = 14$

…lprozesses in ausgezeichneter Weise die Vollkommen… der Maschine. Die Entropiediagramme des Wasser…pfes bilden die Rechentafel, mit deren Hilfe es in ein…er Weise möglich ist, die Arbeit des adiabatischen Ge…s abzulesen und in den Vergleich einzuführen. Es …ein Mangel, daß ähnliche Rechentafeln für Verbren…gsmaschinen fehlen, und die Folge davon ist, daß die …schiedenheit der Rechnungsannahmen untereinander …t vergleichbare und daher unfruchtbare Wertungs…en der Verbrennungsmaschinen im Schrifttum in die …heinung treten läßt.

Diesem Mangel läßt sich abhelfen. Abb. 1 und 2 …en z. B. die Arbeit und den Temperaturverlauf des …-Prozesses bei zwei verschiedenen Wärmedichten des …eitsmittels und zwei Verdichtungsverhältnissen. z—c … die Verbrennungslinien der betreffenden Diagramme. …riebstechnisch besonders wichtig ist die aus der adia…schen Expansion bis zum Anfangsdruck berechnete …peratur Te' der Abgase, weil diese infolge der hohen …strömgeschwindigkeiten in der Maschine am stärksten … unangenehmsten empfunden wird. Bei der Aufzeich…g der Linien der Verbrennung, Expansion und Ver…tung wurde die Veränderlichkeit der spezifischen …rmen unter dem Einfluß der Temperatur und der verschiedenen Zusammensetzung der Arbeitsgase berücksichtigt.

In Abb. 3 sind für gewöhnliches Hochofengas als Brennstoff über der in jedem Arbeitshub für je 1 m³ Arbeitshubvolumen verbrauchten Wärmemenge die zugehörigen Werte des thermischen Wirkungsgrades, der Literarbeit und der spezifischen Literleistung des Viertaktes (für $n = 1$ Uml./min) für Verdichtungsverhältnisse von 5 und 7 aufgetragen. Abb. 4 zeigt die gleichen Linien für flüssige Brennstoffe von der Zusammensetzung 13 vH Wasserstoff und 86 vH Kohlenstoff für Verdichtungsverhältnisse von 4 bis 14. Ferner sind in den Diagrammen die Linien gleicher W ä r m e d i c h t e eingezeichnet, wobei unter Wärmedichte der Wärmeinhalt für je 1 m³ Zylinderraum verstanden wird.

Die auffallende Abnahme der Wirkungsgrade bei reicherem Gemenge ist auf das Kleinerwerden des Exponenten der Expansionslinie bei höheren Temperaturen und bei größerem Anteil mehratomiger Gase zurückzuführen. Die Abweichungen im Wirkungsgrad und in der

Abb. 3 und 4

Betriebstoff Hochofengas $H_u = 8600$ kcal/m³; 12,2 vH CO_2, 27,1 vH CO, 3,7 vH H_2, 0,2 vH CH_4, 53,2 vH N_2, 3,6 vH H_2O

Flüssiger Brennstoff $H_u = 10000$ kcal/kg; 86 vH C, 13 vH H_2

Thermischer Wirkungsgrad, spezifische Literleistung und spezifische Literarbeit von Verbrennungsmaschinen nach dem Otto-Prozeß in Abhängigkeit von H_s bei verschiedenen Verdichtungsverhältnissen und bei 1 Uml./min

Abb. 5
Gütegrade von Verbrennungsmaschinen

1 Einspritz-Dieselmaschinen 3 Vergasermaschinen
2 Einblase-Dieselmaschinen ⊙ Hochofen-Gasmaschinen

Arbeit bei Brennstoffen, die innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen eine andre als die der Rechnung zugrunde gelegte Zusammensetzung haben, kann man vernachlässigen. Die Linien gelten für vollkommene Spülung des Zylinderraumes, d. h. daß bei Beginn der Verdichtung der ganze Zylinderraum mit Luft oder Luft-Brennstoff-Gemisch von atmosphärischem Zustand gefüllt ist. Diese Annahme ist durch den Begriff „Ideal"-Maschine sinngemäß gegeben und gestattet ohne weiteres, Zweitakt- und Viertaktmaschinen auf die gleiche Vergleichsgrundlage zu stellen[1]).

In Abb. 5 sind die mit Hilfe von Abb. 3 und 4 ermittelten Gütegrade von Dieselmaschinen, Vergasermaschinen und Hochofen-Gasmaschinen auf Grund von kürzlich veröffentlichten Versuchsberichten über der Wärmedichte als Abszisse dargestellt. Unter Gütegrad ist zu verstehen das Verhältnis von Nutzarbeit zu Arbeit des Idealprozesses. Die höchsten Gütegrade zeigen Einspritz-Dieselmaschinen mit Früheinspritzung; Einblase-Dieselmaschinen zeigen wegen der verlangsamten Verbrennung die niedrigsten Gütegrade[2]). An der Grenze zwischen beiden liegen Hochofengasmaschinen, während die Vergasermaschinen die besten Gütegrade der Einspritz-Dieselmaschinen erreichen.

Die Übereinstimmung der thermodynamischen Arbeitsverfahren der Gas- und der Dieselmaschinen trat erst mit der Einführung der Einspritzung und Zerstäubung des Brennstoffs ohne Zuhilfenahme von Luft oder von Explosionsgasen in die Erscheinung. Trotzdem findet man heute noch häufig die Anschauung, die als das Ideal der Verbrennung auch bei den Einspritzmaschinen die Gleichdruckverbrennung gelten lassen will. Je nach dem Zeitpunkt des Einspritzbeginnes kann eine Verbrennung unter annähernd gleichem Druck oder bei zunächst steigendem Druck erzielt werden. Die frühe Einspritzung ist, genau so wie bei den Gasmaschinen die Frühzündung, das Mittel, sich dem Idealprozeß zu nähern. Von diesem Mittel muß in um so ausgiebigerem Maße Gebrauch gemacht werden, je länger die absolute oder relative (Kurbelwinkel-) Brennzeit ist.

[1]) Die Linien haben die Assistenten für Verbrennungsmaschinenbau an der Technischen Hochschule zu Aachen, Dipl.-Ing. Merkle und Venediger nach Seiliger: Graphische Thermodynamik und Berechnen der Verbrennungsmaschinen und Turbinen, Berlin 1922, berechnet.

[2]) Einem sehr beachtenswerten Vorschlag von Prof. P. Meyer, Delft, folgend, werden kompressorlose Dieselmaschinen „Einspritz-Dieselmaschinen" und solche mit Druckluftzerstäubung „Einblase-Dieselmaschinen" genannt.

Der Früheinspritzung ist eine Grenze durc Druck gesetzt. Es ist aber unrichtig, bei üblichen dichtungen diese Grenze in der Gegend des Gleich zu ziehen. Dieses Zugeständnis an die Maschine Wirklichkeit kein Zugeständnis, das die Betriebsich oder Lebensdauer der Maschine erhöht. Abgesehen daß die Gleichdruckverbrennung mit höherem Bren verbrauch erkauft werden muß, ist zu berücksic daß jede Kalorie an Mehrverbrauch dazu beiträ Wärmebeanspruchungen der Maschine zu erhöhen. sind gefährlicher als die Beanspruchungen durc Verbrennungsdruck.

Von dem Mehrverbrauch an Wärme bei Gleich verbrennung tritt bei gleicher Leistung etwa die in der erhöhten Abgastemperatur und die andre als erhöhte Kühlwasserwärme in die Erscheinung. die Erhöhung der Kühlwasserwärme bedeutet ein höhung der Wandungstemperaturen, da mehr W durch die Wandungen getrieben wird. Gewiß wird die Verbrennung vor dem Totpunkt nicht nur der H druck, sondern auch die Höchsttemperatur des Pro erhöht. Diese Temperaturspitze tritt jedoch so kurz auf, daß sie für die Zylinderwandungen und den K boden unfühlbar bleibt. Im weiteren Verlauf der Expa sinkt die Temperatur rasch unter die Temperatur bei G druckverbrennung, und die Temperatur der Abgase die mittlere Temperatur des Prozesses werden nied

Ebensowenig wie die Temperaturspitze die Wa gen, kann die Druckspitze das Triebwerk gefährden sie im Betrieb wegen der Masse des Kolbens fü Triebwerk unfühlbar bleibt. Der Höchstwert des gentialdruckes ist bei Gleichdruckverbrennung größ bei Voreinspritzung. Die Voreinspritzung ist haup lich darum ein gangbarer Weg, den Brennstoffverb zu vermindern, weil dadurch auch die Abgastempe herabgesetzt wird. Die Abgastemperatur ist außerordentlich wichtige Kennzahl der Maschine. deutsche technisch-wissenschaftliche Schrifttum e außerordentlich wertvolle Arbeiten über die ri Temperaturmessung von heißen Gasen. Es fehlt ab einer Zusammenfassung dieser Studien für die A lung von Regeln für den praktischen Gebrauch b Abnahme von Maschinen und für den Betrieb.

Nicht jeder Mehrverbrauch an Wärme bei gege Leistung der Maschine bedeutet eine Erhöhung der peraturbeanspruchungen. Es ist zwischen Abgast ratur und Abgaswärme wohl zu unterscheiden. D gaswärme wird nicht nur durch die Abgastemperat dingt, sondern auch (im umgekehrten Verhältnis) die Wärmedichte. Es gibt nicht nur einen ungesu mit höherer Temperaturbeanspruchung der Maschin bundenen, sondern auch einen gesunden Mehrverbrau Wärme. Verringert man die Wärmedichte (was g bedeutend ist mit einer Herabsetzung des mittleren D der Maschine) und erhöht man gleichzeitig die Drehza Maschine, so erreicht man wieder die gleiche Leis Der Brennstoffverbrauch ist in diesem Fall höher, bei verminderter Kühlwasserwärme, niedrigerer A temperatur und erhöhter Abgaswärme.

Die Grenze der Drehzahl ist durch die B geschwindigkeit im Zusammenhang mit der Gestal den Abmessungen des Verbrennungsraumes ge m. a. W. durch die Abgastemperatur, die durch V spritzung möglichst niedrigbleiben muß. Eine Grenze des Raschlaufes bildet die Kolbengeschwindi Heute wird bei Maschinen für Dauerbetrieb der H wert der Kolbengeschwindigkeit von 7,3 m/s in der nicht überschritten. Die obere Grenze scheint jedoc diesem Wert noch nicht erreicht zu sein. Kürzlich den die günstigen Betriebsergebnisse einer ameri schen Schwungrad-Gleichstrom-Walzenzugmaschine überhitzten Dampf bekannt, die 1525 mm Zyl.-Dmr. 1680 mm Hub hat. Sie steht seit etwa drei Jahre 90 und höchstens 100 Uml./min im Betrieb. Dies spricht fast 9 m/s höchster Kolbengeschwindigkeit.

Die Betriebserfahrungen mit Großgasmaschinen in ihren ersten Jahren dazu gezwungen, die mitt indizierten Drücke von 5 auf 4,5 at herabzusetzen.

Abb. 6
Literleistungen und mittlere nutzbare Kolbendrücke von Viertakt-Verbrennungsmaschinen

N_S Literleistung N_e/V_h PS/l

$$N_e = \frac{p_{m_e}\; n\; V_h}{900} \text{ PS (Viertakt)}$$

$$K = \frac{N_e}{V_h\; n} = \frac{N_S}{n} \text{ PS/Uml.} \qquad K = \frac{p_{m_e}}{900}$$

✦ Lastkraftwagen-Schwerölmotoren; ✧ desgl. -Vergasermotoren; ∘ deutsche Personen-Kraftwagenmotoren 1926 — nach Typentafeln der Deutschen Motorzeitschrift 1926

⌘ deutsche Flugmotoren 1926; ✱ amerikanische Flugmotoren 1926 — nach einschlägigen Zeitschriften.

bedeutete nichts andres als eine Verminderung der Wärmedichte zwecks Senkung der Temperaturlage des Prozesses. Damit verminderte sich die Literleistung, da man nicht wagte, gleichzeitig die Drehzahlen zu erhöhen. Die Gestalt des Verbrennungsraumes bei Großgasmaschinen ist nach den inzwischen bei Diesel- und Vergasermaschinen gewonnenen Erkenntnissen als ungeeignet für Raschlauf zu bezeichnen. Der in Anlehnung an den alten Dampfmaschinenbau vor 25 Jahren gewählten Ventilanordnung mit dem ringwulstförmigen Verdichtungsraum und den Einlaß- und Auslaßzwiebeln fehlt bei Verbrennungsmaschinen Sinn und Zweck. Der Fortfall der Zwiebeln war ohne Zweifel ein Fortschritt, und es ist sehr wahrscheinlich, daß man durch weitere Vereinfachung und Zusammenballung des Verbrennungsraumes einen Gewinn erzielen kann.

Die Zusammenstellung der Literleistungen verschiedener Gattungen von Verbrennungsmaschinen in Abb. 6 läßt erkennen, daß die Literleistung von Großgasmaschinen infolge der niedrigen mittleren Drücke und der niedrigen Drehzahlen (als Großbetriebsmaschinen) recht tief unter denen andrer Verbrennungsmaschinen liegt.

Während bei Viertaktmaschinen bisher zusätzliche Luft in der Regel nur mittelbar durch Verminderung der Wärmedichte kühlend gewirkt hat, ist man neuerdings mit Recht dazu übergegangen, die Temperatur der Auspuffgase während des Ausströmhubes durch Vermischung und Verdünnung mit billig beschaffter Spülluft herabzusetzen. Beim Zweitakt wird seit jeher von der inneren Kühlung des Zylinderraumes ausgiebig Gebrauch gemacht, indem ein Teil der eingeführten Luft an der Verbrennung überhaupt nicht teilnimmt und nur spülend und kühlend durch den Zylinderraum strömt, ehe die Verdichtung beginnt. Auch Holzwarth ist auf diese Weise der Temperaturschwierigkeiten in seiner Gasturbine Herr geworden.

Das übertriebene Streben nach einem Mindestaufwand an Spülluft scheint nicht berechtigt zu sein, um so weniger, wenn mit großen Querschnitten der Spülluftdruck niedrig gehalten werden kann. Um die Vorzüge einer innerlich gut gekühlten Maschine bei ihrer Wertung in die Erscheinung treten zu lassen, sollte man neben der Wärmedichte als weitere Kennzahl die „Belüftungszahl“ einführen, die angibt, welche Luftmenge in die Zylinder für je eine verbrauchte Kalorie gelangt. Dies wäre bei Zweitaktmaschinen die Spülluftmenge, beim gespülten Viertakt käme zu der besonders beschafften Spülluftmenge noch die Ansaugeluftmenge des Arbeitszylinders hinzu. Selbstverständlich ist es unzulässig und irreführend, die Maschine nicht mit der für die Beschaffung der Spülluft verbrauchten Arbeit zu belasten.

Beim Zweitakt ist die innere Kühlung durch Luft wegen des doppelten Wärmeumsatzes eine Lebensnotwendigkeit. Es ist aber nicht einzusehen, warum sich der Viertakt dieses bewährte Kühlmittel nicht auch zunutze machen soll, das ohne Erhöhung der Wärmedichte und ohne Temperatursteigerungen eine ansehnliche Erhöhung der Literleistungen bringt. Es wäre aber verkehrt, die Erwartungen zu überspannen, die Spülung zur starken Aufladung ausarten zu lassen und nun fabelhafte Leistungssteigerungen von der gespülten und aufgeladenen Viertaktmaschine zu erwarten. Die Grenze ist durch die Abgastemperatur und die Kühlwasserwärme gesetzt, die man erfahrungsgemäß nur auf Kosten der Lebensdauer und Betriebsicherheit steigern darf.

Die Wärmebilanz

Genaueste Untersuchung und Aufstellung des Wärmeverbleibes in der Verbrennungsmaschine ist eine wesentliche Voraussetzung für ihre Wertung. Der Wärmeverbrauch der Verbrennungsmaschine muß grundsätzlich anders erörtert werden als z. B. der der Dampfmaschine. Bei der Dampfmaschine bedeutet ein jedes Mehr an Wärmeverbrauch schlechtweg einen Energieverlust. Bei der Verbrennungsmaschine kommt jedoch, wie oben dargelegt, noch die Erwägung dazu, ob dieser Mehrverbrauch im Vergleich zu andern Maschinen von Schaden oder von Vorteil für die Maschine ist.

Abb. 7
Energiebilanz einer Einblase-Dieselmaschine

Im technischen Schrifttum stößt man immer wieder auf Wärmebilanzen, in denen Nutzarbeit, Reibungsarbeit und die Arbeit der Nebenmaschinen, Kühlwasserwärme, Abgas- und Restwärme nach Abb. 7a nebeneinander gebucht werden. Diese Bilanz ist falsch. Der Fehler liegt darin, daß die Reibungsarbeit und die Arbeit der Nebenmaschinen zum größten Teil in der Kühlwasserwärme bereits mitgemessen und gebucht wurden. Die Doppelbuchung der Reibungsarbeit und der Arbeit der Nebenmaschinen geht auf Kosten des Abgaswärme- und Restgliedes, das um ΔQ_2 zu klein wird. Eine einfache überschlägliche Berechnung der Abgaswärme beweist auch, daß das Restglied negativ wird.

Bei Teilbelastungen, bei denen der Anteil der Reibungswärme und der Arbeit der Nebenmaschinen größer ist, wird bei dieser falschen Buchung sogar die Abgaswärme negativ. In Abb. 7b ist dem die qualitativ richtige Aufstellung der Energiebilanz einer Einblase-Dieselmaschine gegenübergestellt. Zur Erläuterung möge folgendes dienen: Die Reibungsarbeit und die Arbeit der Nebenmaschinen wird aus der indizierten Arbeit des Arbeitzylinders gedeckt. Die Reibungsarbeit setzt sich im Zylinder und im Triebwerk in Wärme um, von der im Triebwerk der Hauptteil über das Umlauföl an das Kühlwasser, der Rest an die Umgebung abgegeben wird. Die Reibungswärme des Kolbens kommt, wenn auch nur in geringem Maße, der indizierten Arbeit wieder zugute, der Hauptteil geht in das Zylinderkühlwasser, ein kleiner Teil erhöht die Abgaswärme. Die indizierte Kompressor- oder Gebläsearbeit wird zu einem geringen Teil als Luftwärme dem Arbeitsprozeß in der Maschine zugeführt und geht im Prozeß auf, der Hauptteil ist im Kühlwasser des Kompressors und der Kühler zu finden, der Rest wird an die Umgebung abgegeben. Die Aufteilung der Wärme bilanz kann gedanklich beliebig weit getrieben werden für die Beurteilung der Maschinen hat es keinen Sinn sie auch nur so weit zu treiben, wie es in Abb. 7b ge schehen ist, schon weil die meßtechnischen Unterlage nicht zu beschaffen sind. Es genügt, sie in Nutzarbei A_{L_e}, Kühlwasserwärme Q_K, Abgaswärme Q_2 und Res glied Q_S aufzuteilen, nur falsch darf die Buchung nicht sein

Der Verein deutscher Ingenieure ist zur Zeit dami beschäftigt, die Regeln für Abnahmeversuche an Verbren nungsmaschinen neu zu bearbeiten. Er war der erste In genieurverein, der sich im Jahre 1881 der Aufgabe unter zog, eine gewisse Einheitlichkeit in den Abnahmever suchen an Maschinen und Dampfkesseln zu schaffen. Da Segensreiche dieses Beginnens ist so selbstverständlich daß es keiner weiteren Erläuterung bedarf. Die Ameri kaner haben in den letzten Jahren diesen Gedanken auf gegriffen und mit der ihnen eigenen Gründlichkeit ein überaus reiche Sammlung von „Codes" herausgegeben Vielleicht noch bedeutungsvoller als das „Wie soll ge messen werden?" ist das „Was soll und was muß ge messen werden?". Wenn über Versuche im technischen Schrifttum berichtet wird, so handelt es sich fast aus schließlich um Abnahmeversuche, die durch die Regeln mehr oder weniger normiert werden. Infolgedessen häng von den Regeln in sehr starkem Maß auch der technisch wissenschaftliche Wert der Versuchsberichte und der ein schlägigen Literatur ab, deren Bedeutung für den Fort schritt wohl keinem Zweifel unterliegt. Die Kennzahlen der Maschinen richtig und vor allem auf einheitliche Grundlage zu prägen, ist eine außerordentlich wichtige Aufgabe der Regeln; denn dadurch fördern sie die Er kenntnis und den Fortschritt. [B 472]

Fachtagung für Anstrichtechnik,

gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure Mannheim-Heidelberg

Die Fachtagung für Anstrichtechnik am 28. Mai d. J. war von mehr als 600 Teilnehmern besucht. Die Vortragsthemen weckten eine zum Teil recht lebhafte Aussprache, insbesondere wurde im Anschluß an den Vortrag von Nettmann über „Ingenieuraufgaben in der Anstrichtechnik"[1]) von verschiedenen Rednern betont, wie wichtig es sei, die wissenschaftlichen Verfahren und die Ergebnisse der Forschung möglichst frühzeitig in die Handwerkerkreise zu bringen. Die größten Werte auf diesem Gebiete werden immer noch durch das Handwerk umgesetzt; etwa 80 vH der Kosten eines Anstrichs sind hierbei Lohnkosten.

Die Ausführungen von Dr. Schulz über Schnellprüfverfahren von Anstrichen[2]) fanden ein lebhaftes Echo in der Versammlung. Dozent Jaeger, Stuttgart, führte im Lichtbild und auch praktisch ein sehr praktisches Verfahren zur Unterscheidung von Leinöl und Leinölfirnis erstmalig vor. Ein Tropfen des rohen Leinöls wird auf ein leichtes Fließpapier gebracht; er zeigt auch nach dem Trocknen keine wesentlichen Unterschiede in der Färbung. Sobald aber das Papier ins Wasser gelegt wird, läßt sich deutlich ein dunkler Kern und eine hellere Randzone unterscheiden, insbesondere im durchscheinenden Licht. Bei Leinölfirnis ist die Randzone dunkel und viel stärker wasserdurchlässig als der Kern. In ähnlich einfacher Weise läßt sich auch Leinöl und Holzöl unterscheiden.

Dr. Wolff, Berlin, machte nähere Angaben aus dem Schatz seiner reichen Erfahrungen über die verschiedenen Verfahren zur Kurzprüfung. Man kann heute noch nicht ersehen, welches Verfahren einmal zur Norm erhoben werden wird. Man muß aber bestrebt sein, dies Verfahren so einfach und so billig wie möglich zu gestalten. Weiter wurde auf die Mängel der Witterungsprobe und ihre Abhängigkeit von der Jahreszeit hingewiesen. Es ist sicher, daß der Gedankenaustausch der maßgebenden Fachleute die Frage des geeigneten Prüfverfahrens wertvoll vorangebracht hat.

Den alten Streit um die Verwendung von Bleifarben berührte ein lebhafter Appell von Assessor Kleditz, dem Vertreter der Deutschen Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft, die Verwendung von Bleifarben wegen der Gefahren der Bleivergiftung immer mehr einzuschränken Die Bleivergiftung ist eine Berufskrankheit; die Entschä digungen hierfür sind außerordentlich hoch. Besonders be Eisenkonstruktionen tritt die Gefahr in die Erscheinung wenn beim Zerschneiden mit dem Schneidbrenner der Men nigegrundanstrich verdampft.

Prof. Maaß, Berlin, konnte wegen Erkrankung seinen Beitrag über Eisenschutz durch Anstrich[3]) nicht persönlich vortragen; der Bericht wurde verlesen, führte indessen zu keiner Aussprache.

Die Fachtagung war das erste Hervortreten des Fach ausschusses für Anstrichtechnik an die größere Öffent lichkeit; ihr vollständiges Gelingen gibt dem Fachausschuß den Ansporn, die wissenschaftliche Durchdringung der Anstrichtechnik in weitesten Kreisen der Beteiligten noch stärker zu fördern. [N 544] Dr. Adrian

[1]) Z. Bd. 71 (1927) Heft 22 S. 803.
[2]) Z. Bd. 71 (1927) Heft 22 S. 763.
[3]) Z. Bd. 71 (1927) Heft 22 S. 774.

Fahrbarer Bockkran für 480 t

Zum Umladen von schweren Geschützteilen hat die Firma Etablissements Daydé für die französische Kriegsmarine einen elektrisch angetriebenen Laufkran von 480 t Tragkraft erbaut. Der Kran hat 15 m Spurweite und 11,5 m lichte Portalhöhe. Zum Heben der Last am Zughaken dient ein 89pferdiger Motor. Als Zugorgan wird die Gallsche Kette benutzt, und zwar hängt der Zughaken an zwei ge trennten Ketten, die parallel zueinander den Haken an je zwei Kettenrädern festhalten.

Die Bockfüße bestehen aus je zwei senkrechten Fachwerkstützen in Form eines auf dem Kopfe stehenden A, die durch Schrägen und unten durch wagerechte Träger gegeneinander versteift sind. Jeder dieser V-förmigen Stützen ruht auf einem Laufwerk von vier Achsen, von denen je zwei angetrieben werden. Die Laufkatze mit dem Windwerk ist oben auf dem Portal auf zwei Schienen mit 6,5 m Abstand verfahrbar. Die Hauptgeschwindigkeiten betragen beim Heben einer Last von 250 bis 400 t 0,32 m/s, beim Senken der gleichen Last 0,30 m/s, beim wagerechten Verfahren der Katze bei 400 t Last 0,5 bis 3 m/s, beim Kranverfahren bei 400 t 0,5 bis 1 m/s.

Ein Hilfszughaken hebt bis zu 10 t. Der Kran kann auf einer Schiebebühne in Querrichtung verfahren werden. Die gesamte in Kran und Schiebebühne eingebaute Leistung beträgt 330 PS. („Le Génie Civil" 11. Juni 1927 S. 569*). [N 568 f] Sd.

Versuche an einem Flüssigkeitsgetriebe

Bauart Schwartzkopff-Huwiler

Von Prof. Dr.-Ing. W. Pauer, Dresden

Versuche an einem 50 PS-Schwartzkopff-Huwiler-Getriebe — Wirkungsgrad, Leistungsverlust und Verteilung der Verluste in Schlupf- und Reibungsverlust unter verschiedensten Betriebsbedingungen.

'ie Berliner Maschinenbau A.-G. vorm. L. Schwartzkopff stellte dem Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Dresden ein 50 PS-Flüs-iitsgetriebe, Bauart Schwartzkopff-Huwiler, zu Un-chungen zur Verfügung. An diesem Getriebe ıen vom Oktober bis Dezember 1926 vom Verfasser ımen mit Dipl.-Ing. Grumbt und Oberamtstech- Jacob eine große Reihe von Versuchen aus-ırt.

)as Schwartzkopff-Huwiler-Getriebe[1]) enthält im ärteil, der Pumpe, sowie im Sekundärteil, dem :, Kapselwerke. Beide Teile sind doppelt beauf-gt und durch je zwei Saug- und Druckleitungen mit-der verbunden. Der Primärteil, Abb. 1 bis 3, hat Trommelkörper *a*. Dieser ist auf die Antrieb- *b* aufgekeilt und enthält Schlitze *c* für die acht ber *d*, die auf beiden Seiten mit Rollen versehene m tragen. Diese laufen in Kurvenbahnen *g*, die an ndflanschen *f* befestigt sind. Die Schieber sind durch-ıd hohl, so daß Öl vom Arbeitsraum in ihr Inneres ten kann. Über den Trommelkörper *a* kann eine diesem umlaufende Hülse *h*, die Regelhülse, ge-en werden, die mit Schlitzen *i* für die Schieber ver- ist. Dadurch kann die Größe des Arbeitsraumes ıull (bei vollkommen übergeschobener Hülse) bis zu ı Höchstwert (bei ganz herausgezogener Hülse) ver-t werden. Im ersteren Fall wird die Förderleistung ?umpe null, und der Motor steht still, während bei ommen herausgezogener Hülse die Drehzahl des 's einen Höchstwert erreicht. Zwischen diesen beiden ıngen kann die Hülse jede beliebige Stellung ein-en, womit jede Drehzahl des Motors eingestellt wird. ie Regelhülse läuft in Kugellagern, die zu beiden ı des die Verstellvorrichtung tragenden feststehen-inges *k* angeordnet sind. Zum Verstellen der Regelhülse dient eine Spindel mit Handrad. An dem Ring *k* sind auch die Zwischenlager *n* befestigt, die den Druck- und Saugraum voneinander trennen. Die Stellung der Regelhülse ist auf einer Teilung sichtbar. Die Welle *b* des Getriebes läuft in Kugellagern, neuerdings in Walzenlagern.

Alle Toträume des Getriebes sind mit Öl angefüllt. Die Erfahrung zeigt, daß in diesen Räumen nahezu das Mittel zwischen Arbeits- und Saugdruck herrscht, so daß das Führungslager beim Regeln nur die Reibungswiderstände aufzunehmen hat. Die dabei auftretenden Änderungen der Ölräume des Getriebes werden in einem Ausgleichgefäß aufgenommen, das an die Saugseite angeschlossen ist und mit der freien Luft in Verbindung steht. Dadurch, daß man dieses Gefäß hochstellt, erreicht man, daß auch auf der Saugseite ein dieser Höhe entsprechender Überdruck herrscht.

Der Motor zeigt den gleichen Bau wie die Pumpe, nur fällt die Regelhülse fort, so daß die Baulänge entsprechend geringer wird.

Versuchsanordnung

Die beiden Teile *a* und *b*, Abb. 4 und 5, des hydraulischen Getriebes wurden zusammen mit dem Antriebmotor *c* und der Bremse *d* auf einen gut versteiften Schienenrost *e* gesetzt. Die Pumpe wurde durch einen Gleichstrom-Nebenschlußmotor angetrieben, der mit einer von einer Dampfmaschine angetriebenen Gleichstromdynamo nach Ward-Leonard geschaltet war. Durch Änderung der Fremderregung der Dynamo war es möglich, bei allen Belastungen mit Drehzahlen zwischen 0 und 500 Uml./min zu arbeiten. Die zugeführte Leistung N_I wurde bei den Vorversuchen durch eine Meßkupplung *f* gemessen; es stellte sich jedoch heraus, daß es genauer war, N_I aus der dem Elektromotor zugeführten Leistung N_{el} und aus dessen Wirkungsgrad η_{el}

[1]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1276, Sonderheft „Dieselmaschinen II" S. 33.

Abb. 1 bis 3
Pumpe des Schwartzkopff-Huwiler-Getriebes

a Trommelkörper
b Antriebwelle
c Schlitze für die Schieber
d Schieber (Schaufeln)
e Zapfen
f Endflansch
g Kurvenbahn
h Regelhülse
i Schlitze in *h*
k Ring für die Regelhülse
l Kugellager
m Druckölkolben
n verschiebbares Zwischenlager

Abb. 5. Versuchsanlage

Abb. 4
Versuchsanordnung

a, b Pumpe und Motor des hydraulischen Getriebes
c Antriebmotor
d Bremse
e Schienenrost
f Meßkupplung
g Feinmeßgeräte
h, i Wirbelstrom-tachometer
k Manometer
l Quecksilberthermometer
t Oeltemperatur
t_0, t_I, t_{II} Kühlwassertemperatur

zu berechnen. Elektromotor mit Meßkupplung wurden derart geeicht, daß der angetriebene Teil der Kupplung auf die Welle des später zum Abbremsen des Ölmotors verwendeten Pronyschen Zaumes gesetzt wurde. Der Wirkungsgrad des Elektromotors wurde in dem ganzen Bereich bestimmt, der für das Getriebe in Frage kam, und zwar genau bei den gleichen Antriebdrehzahlen, bei denen später das Getriebe untersucht wurde. Die dem Anker und dem Feld zugeführte elektrische Leistung wurde mit Feinmeßgeräten g gemessen. Da bei Versuch und Bremsung die gleichen Geräte benutzt wurden, waren Fehler der elektrischen Messung auf die Berechnung des Getriebewirkungsgrades ohne Einfluß.

Die Sekundärleistung N_{II} wurde mittels eines wassergekühlten Pronyschen Zaumes gemessen. Die Drehzahlen von Pumpe und Motor n_I und n_{II} wurden mit Zählern und Wirbelstromtachometern i und h bestimmt, die mittels der Zähler geeicht waren. Bei allen Versuchen wurden außerdem die Öldrücke durch ein an eine Druckleitung angeschlossenes Manometer k und die Temperaturen des umlaufenden Öles durch ein in eine Druckleitung eingebautes Quecksilberthermometer l gemessen. Außerdem wurden bei einigen Versuchen die Zulauf- und Ablauftemperaturen des Kühlwassers der Pumpe, t_0 und t_I, und des Motors t_0 und t_{II} sowie die stündlichen Kühlwassermengen, W_I und W_{II} bestimmt.

Es war ursprünglich beabsichtigt, auch die umlaufenden Ölmengen zu messen, und es wurden hierzu Venturimesser in die beiden Druckleitungen eingebaut. Die Eichung dieser Messer mit Wasser ausgeführt w Es zeigte sich jedoch, daß e angängig war, die Eicherg lediglich unter Berücksich des spezifischen Gewichtes rechnen. Da es aussichtslos die Meßgenauigkeit so zu st daß die Unterschiede zwisch umlaufenden Ölmenge und theoretischen Hubraum ge genau erfaßt werden konnt wurde bei den Hauptversuch der Messung der Ölmenge sehen und die Venturimesser Paßstücke ersetzt.

Theorie des Getriebes

Im folgenden bezeichnet

p_1 den Druck in der Saugl in at,

p_2 den Druck in der Druckl in at,

V_I den theoretischen Hubrau Pumpe bei einer Umdr bei vollkommen geöffnet gelhülse (0,004 18 m³),

ε das Verhältnis der Öffnung der Regelhülse bedeutet ganz offen, $\varepsilon = 0$ ganz geschlossen

V_{II} den theoretischen Hubraum des Motors bei Umdrehung (0,003 66 m³),

n_I und n_{II} die minutlichen Drehzahlen von und Motor,

V die umlaufende Ölmenge in m³/s.

Wären die Schieber absolut dicht, so wäre kundlich geförderte Ölmenge, $\varepsilon\, V_I\, n_I/60$ der und $V_{II}\, n_{II}/60$ im Motor, gleich der umlaufend menge V. Infolge von Undichtheiten strömt jedo der Seite höheren Druckes nach der Seite Druckes eine gewisse Ölmenge, so daß die Pumpe w fördert, als ihrem Hubraum entspricht, durch den strömt dagegen mehr Öl, als seinem Hubraum ent Der Unterschied dieser Mengen, multipliziert m Druckunterschied $p_2 - p_1$, ergibt den Schlupfverl

$$N_s = \underbrace{\left(\varepsilon\, V_I \frac{n_I}{60} - V\right) \frac{(p_2 - p_1)}{75}\, 10\,000}_{N_{s_I}} + \underbrace{\left(V - V_{II} \frac{n_{II}}{60}\right) \frac{(p_2 - p_1)}{75}\, 10\,000 \text{ PS}}_{N_{s_{II}}}$$

$$= \frac{p_2 - p_1}{0{,}45} \left(V_I\, \varepsilon\, n_I - V_{II}\, n_{II}\right) \text{PS} \ldots$$

Man kann also den ganzen Schlupfverlust aus de zahlen und den Drücken berechnen, dagegen Trennung der Schlupfverluste in Pumpe und Mot möglich, wenn die umlaufende Ölmenge gemesse

Neben dem Schlupfverlust hat auch der volume Wirkungsgrad Bedeutung; für die Pumpe ist

$$\eta_{v_I} = \frac{60\, V}{\varepsilon\, V_I\, n_I}$$

und für den Motor ist

$$\eta_{v_{II}} = \frac{V_{II}\, n_{II}}{60\, V}.$$

Diese Wirkungsgrade können getrennt ebenfa nach Bestimmung von V berechnet werden, dageg sich der gesamte volumetrische Wirkungsgrad

$$\eta_v = \eta_{v_I}\, \eta_{v_{II}} = \frac{V_{II}\, n_{II}}{\varepsilon\, V_I\, n_I} \quad \ldots$$

schon aus den Drehzahlen bestimmen. Unter Einf von η_v ist der Schlupfverlust auch

$$N_s = \frac{p_2 - p_1}{0{,}45}\, \varepsilon\, V_I\, n_I (1 - \eta_v) \text{ PS} \quad \ldots$$

a der Überdruck p_1 in der Saugleitung bei der
chsanordnung nur etwa 0,5 m Ölsäule, also weniger
05 at betrug, so wurde er gegenüber p_2, das auf
ens 0,1 at genau abgelesen werden kann, ver-
ssigt.

on dem gesamten Leistungsverlust $N_v = N_I - N_{II}$
also der eine Teil, der Schlupfverlust N_s, berechnet
n; der Rest N_r umfaßt die Reibung bewegter Teile
ie Flüssigkeitsreibung. Demnach ist

$$N_I = N_{II} + N_s + N_r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

an die zugeführte Leistung N_I und die abgenom-
Leistung N_{II} nur mit der Meßgenauigkeit ermitteln
die bei nicht zu geringer Teilbelastung etwa ± 1 bis
beträgt, so scheint es zweckmäßig, die Verlust-
ng statt durch den Unterschied unmittelbar zu be-
n. Dies kann dadurch geschehen, daß man die
m Getriebe nach außen abgegebene Wärme mißt.
Wärmeabgabe erfolgt durch das Kühlwasser der
e und des Motors sowie durch die Verbindungs-
gen und die Oberfläche des Getriebes.

e mit dem Kühlwasser abgeführten Wärmemengen
durch die Wassermengen W_I und W_{II} und ihre
raturerhöhung gegeben. Schwieriger ist dagegen
mittlung der an die umgebende Luft übergehenden
emenge. Den Wärmeaustausch der mit Kühlmänteln
enen Teile von Pumpe und Motor kann man ver-
ssigen, da die mittlere Temperatur des Kühlwassers
n Versuchen ungefähr gleich der Raumtemperatur
ich also eingestrahlte und ausgestrahlte Wärme auf-
Die von den Rohren abgegebene Wärme ist be-
durch ihre Oberfläche $F = 2{,}04\ m^2$, den Temperatur-
chied des Öles gegenüber der Umgebung und die
edurchgangzahl k. Diese wurde mittels des
dtschen Wärmeflußmessers zu 9,1 kcal/m²h °C fest-
t. Wenn auch dieser Wert vielleicht auf 10 vH un-
ist, so wird der Fehler doch gering, da von den
n nur etwa 12 vH der genau gemessenen mit dem
asser abgeführten Wärme übergehen.

ie Bestimmung des Getriebewirkungsgrades aus dem
der abgegebenen Wärme berechneten Leistungsver-
kann also eine sehr brauchbare Nachprüfung für
s zugeführter und Bremsleistung berechneten Ver-
in. Notwendig ist jedoch, daß das Getriebe während
ündiger Versuche auf vollkommenen thermischen
ungszustand gebracht wird. Wegen dieser langen
hsdauer wurden nur wenige Punkte nachgeprüft,
sgezeichnete Übereinstimmung zwischen den beiden
ethoden ergaben.

Abb. 6
Versuche beim Anlaufen des Getriebes ($p = p_2$)

Versuchsergebnisse

Einfluß der Öltemperatur

Da es schwierig ist, eine größere Reihe von Versuchen unter sonst gleichen Bedingungen, jedoch bei verschiedenen Öltemperaturen im Beharrungszustand auszuführen, wurde das Verhalten des Getriebes beim Anlaufen, also bei steigender Öltemperatur, untersucht. Dabei blieben die Stellung der Regelhülse ($\varepsilon = 1$), die Drehzahl des Elektromotors $n_I = 403$ Uml./min und das Drehmoment des Ölmotors $M_{d_{II}} = 83{,}70$ mkg unverändert. Die Öltemperatur t und die sich einstellende Drehzahl n_{II} des Ölmotors wurden in Abständen von 2 min, die zugeführte elektrische Leistung N_{el} in Abständen von 5 min gemessen. Den zeitlichen Verlauf der Ergebnisse zeigt Abb. 6. Die Öltemperatur stieg während der Versuchzeit von 20 auf 60 °. Mittels der Eichkurve des Motors wurde aus der gemessenen elektrischen Leistung die Antriebleistung N_I bestimmt. Aus Drehmoment und Drehzahl des Ölmotors ergaben sich die Leistung N_{II} und der Wirkungsgrad $\eta = \frac{N_{II}}{N_I}$ des Getriebes. Der Leistungsverlust N_v wurde nach Gl. (1) und (4) auf Schlupfverlust und Reibung verteilt. Die Ergebnisse sind in Abb. 7 über den Öltemperaturen aufgetragen. Da für das Verhalten des Getriebes nicht so sehr die Temperatur als die Zähigkeit des Öles maßgebend ist, wurde der Verlauf der Zähigkeit z ebenfalls in die Abbildung eingetragen. Die Zähigkeit wurde im Engler-Prüfer bestimmt. Dabei ergaben sich nachstehende Werte der Zähigkeit in Englergraden (E) und absolut (z):

$t =$	38,0	49,0	56,3	57,0	74,5	84,0	°C
$E =$	10,3	6,1	4,4	4,2	2,5	2,04	
$z =$	0,0069	0,0040	0,0028	0,0027	0,0014	0,0014	kg s/m²

Während des Versuches nahm die Leistung N_I von 64,3 PS bei 30 ° allmählich auf 57,4 PS bei 60 ° ab. Die Drehzahl des Ölmotors sank von 435 auf 403 Uml./min, und dementsprechend verringerte sich die Leistung N_{II} an der Bremse von 50,9 auf 47,1 PS. Der Leistungsverlust N_v sank von 13,4 PS bei 30 ° auf den Mindestwert von 9,9 PS bei 54 ° und nahm dann bis zu 60 ° wieder auf 10,3 PS zu. Daher weist der Wirkungsgrad bei 54 ° Öltemperatur einen Höchstwert von 82,9 vH auf, verläuft aber in weiten Grenzen sehr flach (81 vH bei 40 ° und 82,1 vH bei 60 °).

Zerlegt man die Verluste in Schlupf- und Reibungsverluste, so zeigt sich der Grund für dieses Verhalten. Der Schlupfverlust steigt, je dünner das Öl wird; der Reibungsverlust nimmt zunächst rasch, dann langsamer ab und scheint bei etwa 60 ° einem Mindestwert zuzustreben. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß zwar die hydraulischen Verluste um so kleiner werden, je dünner das Öl ist, daß dagegen die Reibung der Eisenteile bei zu dünnem Öl wieder zunimmt. Aus dem Versuch geht hervor, daß es Wirkungsgrad und gesamten Leistungsverlust

Abb. 7
Verteilung der Verluste beim Anlaufversuch

Zahlentafel 1

$M_{d_{II}}$ mkg	n_{II} Uml./min	N_{II} PS	N_I PS	η vH	$p = p_2$ at	t °C	N_v PS	η_v vH	N_s PS	N_r PS
Pumpendrehzahl n_I = 304 Uml./min										
ε = 1,00										
18,60	337	8,76	11,5	76,2	3,75	45,0	2,7	97,1	0,31	2,4
27,90	335	13,05	16,1	81,0	5,4	44,8	3,0	96,5	0,53	2,5
46,50	329	21,4	25,6	83,6	8,75	44,1	4,2	94,8	1,26	2,9
65,10	321	29,2	34,9	83,7	11,9	44,0	5,7	92,4	2,55	3,1
83,70	313	36,6	44,4	82,4	15,1	44,3	7,8	90,1	4,22	3,6
93,00	309	40,1	49,0	81,8	16,7	44,8	8,9	89,0	5,19	3,7
ε = 0,75										
18,60	252	6,55	8,5	77,0	3,6	44,7	2,0	96,8	0,25	1,8
27,90	249	9,36	11,9	78,7	5,15	44,0	2,5	96,0	0,44	2,1
46,50	243	15,85	19,0	83,4	8,4	43,5	3,1	93,7	1,12	2,0
65,10	237	21,6	26,1	82,8	11,7	43,3	4,5	91,0	2,20	2,3
83,70	229	26,6	33,0	80,6	14,8	43,1	6,4	87,6	3,89	2,5
93,00	224	29,0	36,7	79,0	16,4	44,0	7,7	85,7	4,96	2,7
Pumpendrehzahl n_I = 403 Uml./min										
ε = 1,00										
18,60	444	11,53	16,2	71,2	3,95	56,3	4,7	96,5	0,52	4,2
27,90	439	17,1	22,2	77,0	5,5	55,8	5,1	95,6	0,91	4,2
46,50	431	28,0	34,5	81,2	8,7	55,0	6,5	93,6	2,08	4,4
65,10	422	38,4	46,7	82,3	11,8	55,0	8,3	91,7	3,67	4,6
83,70	411	48,0	58,9	81,5	15,1	55,0	10,9	89,3	6,00	4,9
93,00	405	52,6	65,2	80,7	16,6	55,0	12,6	88,0	7,46	5,1
ε = 0,75										
18,60	333	8,65	11,8	73,3	3,6	54,8	3,1	96,5	0,35	2,7
27,90	328	12,82	16,2	79,1	5,2	54,0	3,4	95,4	0,67	2,7
46,50	321	20,9	25,5	82,0	8,4	53,0	4,6	93,0	1,65	2,9
65,10	311	28,3	34,4	82,3	11,6	52,8	6,1	90,2	3,16	2,9
83,70	300	35,2	43,7	80,5	14,6	52,5	8,5	87,2	5,31	3,2
93,00	296	38,3	48,5	79,0	16,2	52,8	10,2	85,5	6,60	3,6
Pumpendrehzahl n_I = 502 Uml./min										
ε = 1,00										
18,60	556	14,5	23,8	60,9	4,2	54,0	9,3	97,0	0,62	8,7
27,90	553	21,6	31,4	68,8	5,8	54,7	9,8	96,5	0,95	8,8
46,50	543	35,3	46,1	76,6	9,0	55,2	10,8	94,7	2,23	8,6
65,10	533	48,5	60,6	80,0	12,25	55,5	12,1	93,0	4,00	8,1
83,70	522	61,0	75,1	81,2	15,2	56,5	14,1	91,1	6,31	7,8
93,00	515	67,0	82,6	81,1	16,6	57,5	15,6	90,0	7,74	7,9
ε = 0,75										
18,60	415	10,8	17,0	63,6	3,65	57,5	6,2	96,4	0,50	5,7
27,90	410	16,0	22,5	71,2	5,3	57,0	6,5	95,6	0,82	5,7
46,50	403	26,1	33,4	78,2	8,5	56,3	7,3	93,7	1,87	5,5
65,10	392	35,7	44,6	79,3	11,7	56,0	8,9	91,3	3,56	5,3
83,70	381	44,7	55,9	80,0	14,75	56,2	11,2	88,7	5,84	5,4
93,00	377	48,6	61,5	79,0	16,3	56,5	12,9	87,5	7,14	5,8

$M_{d_{II}}$ mkg	n_{II} Uml./min	N_{II} PS	N_I PS	η vH	$p = p_2$ at	t °C	N_v PS	η_v vH	N[...] P[...]
Pumpendrehzahl n_I = 304 Uml./min									
ε = 0,50									
18,60	166,6	4,33	6,1	71,0	3,45	44,0	1,8	96,0	0,
27,90	164,0	6,41	8,4	76,3	5,1	43,2	2,0	94,7	0,
46,50	158,7	10,28	13,0	79,1	8,25	43,0	2,7	91,2	1,
65,10	150,7	13,71	17,6	77,9	11,5	42,3	3,9	86,8	2,
83,70	142,0	16,60	22,2	74,8	14,6	42,3	5,6	81,8	3,
93,00	137,2	17,80	24,6	72,4	16,3	43,0	6,8	79,0	4,
ε = 0,25									
18,60	80,5	2,07	4,0	51,8	3,3	43,0	1,9	91,7	0,
27,90	77,4	3,02	5,2	58,1	4,85	42,8	2,2	89,1	0,
46,50	70,5	4,64	7,5	61,9	8,0	42,0	2,9	82,3	1,
65,10	63,7	5,79	9,6	60,3	11,2	42,0	3,8	73,4	2,
83,70	55,0	6,43	11,8	54,5	14,2	42,0	5,4	63,3	3,
93,00	50,2	6,52	13,1	49,7	15,9	42,2	6,6	57,8	4,
Pumpendrehzahl n_I = 403 Uml./min									
ε = 0,50									
18,60	218	5,66	8,4	67,4	3,45	52,8	2,7	94,8	0,
27,90	213	8,34	11,5	72,5	5,0	52,0	3,2	93,0	0,
46,50	207	13,45	17,5	76,9	8,2	50,8	4,0	90,0	1,
65,10	197,9	18,00	23,5	76,6	11,5	50,0	5,5	86,0	3,
83,70	188,0	22,0	29,2	75,3	14,5	50,0	7,2	81,6	5,
93,00	183,0	23,7	32,3	73,4	16,1	50,0	8,6	79,4	6,
ε = 0,25									
18,60	104,4	2,70	5,6	48,2	3,25	50,2	2,9	90,3	0,
27,90	99,2	3,91	7,1	55,1	4,8	49,4	3,2	87,2	0,
46,50	92,7	6,02	10,0	60,2	8,0	49,0	4,0	80,5	1,
65,10	83,1	7,62	12,9	59,1	11,2	48,5	5,3	72,8	2,
83,70	74,8	8,65	15,9	54,4	14,4	48,2	7,2	64,3	4,
93,00	68,7	8,92	17,4	51,3	15,9	48,8	8,5	59,7	6,
Pumpendrehzahl n_I = 502 Uml./min									
ε = 0,50									
18,60	270	7,1	11,8	60,2	3,4	56,8	4,7	94,7	0,
27,90	268	10,4	15,7	66,2	5,0	56,0	5,3	93,3	0,
46,50	259	16,8	22,8	73,7	8,2	55,2	6,0	90,4	1,
65,10	249	22,7	30,2	75,2	11,45	55,0	7,5	87,0	3,
83,70	239	27,9	37,8	73,8	14,6	55,0	10,3	83,2	5,
93,00	233	30,2	41,3	73,0	16,1	55,0	11,2	81,2	7,
ε = 0,25									
18,60	131,3	3,4	7,9	43,0	3,3	55,0	4,5	91,7	0,
27,90	127,4	5,0	9,8	50,7	4,9	54,3	4,8	89,0	0,
46,50	118,3	7,6	13,5	56,3	8,0	53,7	5,9	82,7	1,
65,10	108,3	9,9	17,0	58,1	11,25	53,2	7,1	75,7	3,
83,70	97,8	11,4	20,8	54,8	14,2	53,0	9,4	68,3	5,
93,00	91,4	12,0	22,8	52,5	15,9	53,0	10,8	64,4	6,

wenig beeinflußt, wenn die einzelnen Versuche nicht bei genau gleichen Öltemperaturen durchgeführt werden, daß aber in den Schlupf- und Reibungsverlusten starke Schwankungen auftreten. Schon bei einer Schwankung von ± 5° gegenüber der Öltemperatur von 50° ergeben sich folgende Verluste:

t =	45	50	55 °
N_v =	10,8	10,1	9,8 PS
η =	82,2	82,8	82,8 vH
N_s =	4,7	5,4	6,1 PS
N_r =	6,1	4,7	3,7 „ .

Die Öltemperaturen genau einzustellen, war bei den Hauptversuchen nicht möglich, da der Wasserdruck in der Kühlung schwankte und wegen der großen Zahl der Versuchspunkte die einzelnen Versuche nicht übermäßig lang ausgedehnt werden konnten.

Wärmebilanz

Von mehreren Versuchen, die dazu dienten, nachzuprüfen, wie weit der aus Antriebleistung und Bremsleistung berechnete Leistungsverlust N_v mit dem aus der abgeführten Wärme berechneten Verlust N_v' übereinstimmte, sei einer wiedergegeben. Die Mittelwerte eines halbstündigen Versuchs im Beharrungzustand waren: n_I = 450 Uml./min, N_I = 52,6 PS, ε = 1,0, $M_{d_{II}}$ = 65,10 mkg, n_{II} = 477,8 Uml./min, N_{II} = 43,5 PS. Also war N_v = 9,1 PS oder 9,1 · 632 = 5750 kcal/h.

Die abgeführten Wärmemengen betrugen:
im Kühlwasser der Pumpe

$$Q_{w_I} = W_I (t_I - t_0) = 293 \cdot 12{,}7 = 3720 \text{ kca}$$

im Kühlwasser des Motors

$$Q_{w_{II}} = W_{II} (t_{II} - t_0) = 205 \cdot 6{,}2 = 1270 \text{ „}$$

an die Luft übertragen

$$Q_L = k\,F\,\Delta t = 9{,}1 \cdot 2{,}04 \cdot 34{,}8 = 646 \text{ „}$$

5636 kcal

Daraus ergibt sich als Leistungsverlust $N_v' = \frac{5636}{632} =$

Die Abweichung gegenüber dem Mittelwert der b Meßverfahren beträgt also ± 1 vH, was mit Rücksic die unsichere Ermittlung der an die Luft übergegan Wärme vollkommen befriedigt.

Versuchsreihen

Die Versuchsreihen erstrecken sich auf Pumpen zahlen n_I von 304, 355, 403, 450 und 502 Uml./min. halb jeder dieser Reihen wurde mit je vier Hülsenst gen (ε = 1,0, 0,75, 0,50, 0,25) gearbeitet, und dabei w abgesehen vom Leerlauf, je sechs Motordrehmoment gestellt.

Zahlentafel 1 zeigt die Versuchsergebnisse für Pumpendrehzahlen (n_I = 304, 403 und 502 Uml./ Zahlentafel 2 bringt einen entsprechenden Auszug au Leerlaufversuchen, die mit abgenommenem Brems durchgeführt wurden. An die Genauigkeit der let

Abb. 8
Wirkungsgrade bei verschiedenen Hülsenstellungen und 403 Uml./min der Pumpe

Zahlentafel 2. Leerlauf-Versuche
$Md_{II} = 0$; $N_{II} = 0$; $\eta = 0$

n_I Uml./min	ε	n_{II} Uml./min	N_I PS	p at	t °C
304	1,00	346	2,6	0,75	55,5
	0,75	258	2,5	0,75	57,0
	0,50	171	1,4	0,5	56,0
	0,25	87	1,0	—	55,2
	0,0	0	0,8	—	54,5
403	1,00	455,5	5,7	1,0	55,0
	0,75	340,5	4,4	0,8	56,0
	0,50	226	2,8	0,5	55,4
	0,25	112,3	2,4	—	54,8
	0,0	0	2,2	—	53,8
502	1,00	565	9,5	1,25	56,1
	0,75	422	7,2	1,0	56,1
	0,50	279	5,2	0,5	55,1
	0,25	136,8	4,2	—	54,5
	0,0	0	3,5	—	53,5

Werte darf man keine zu hohen Anforderungen stellen, da es schwer ist, die kleinen Leistungen des Elektromotors genau zu messen. Auch weichen die Öltemperaturen gegenüber den entsprechenden Versuchen bei Belastung ab.

Für eine Pumpendrehzahl (403 Uml./min) sind die Ergebnisse graphisch in verschiedener Weise untersucht, s. Abb. 8 bis 11. Für alle übrigen Pumpendrehzahlen ist der Verlauf der Linien ganz ähnlich. Abb. 8 zeigt, daß die Linien der Wirkungsgrade um so steiler sind, ihre Höchstwerte aber um so niedriger liegen, je kleiner die Hülsenstellung ist. Die günstigsten Wirkungsgrade erhält man durchweg bei $\varepsilon = 1$, und zwar liegen sie bei $n_I =$ 304 Uml./min zwischen 83 und 84 vH, bei $n_I = 502$ Uml./min bei 81 vH, fallen also mit steigender Pumpendrehzahl langsam ab. Ihr Verlauf ist bemerkenswert flach, bei $n_I =$ 304 Uml./min liegen sie zwischen 7 und 35 PS, bei $n_I =$ 502 Uml./min zwischen 40 und 60 PS über 80 vH.

Abb. 10
Abhängigkeit der Verluste vom Öldruck

Abb. 9
Abhängigkeit der Verluste von der Bremsleistung

In Abb. 9 sind die Verluste getrennt in Schlupf- und Reibungsverluste über der Bremsleistung, in Abb. 10 über dem Öldruck abgetragen. Dabei zeigt sich, daß die Schlupfverluste unabhängig von der Hülsenstellung und von der Pumpendrehzahl sind. Sofern einzelne Punkte herausfallen, ist dies auf abweichende Öltemperaturen zurückzuführen, deren Einfluß nach den Ergebnissen des Anlaufversuches in Abb. 10 eingezeichnet ist.

Der Einfluß auf die Reibungsverluste äußert sich in entgegengesetzter Richtung. Die Reibungsverluste sind im übrigen, wie zu erwarten, fast unabhängig vom Öldruck, steigen aber mit der umlaufenden Ölmenge, da die hydraulischen Verluste etwa mit dem Quadrat der Ölmenge zunehmen. Aus dem gleichen Grunde müssen die Reibungsverluste mit der Pumpendrehzahl rasch zunehmen.

Bei vielen Anwendungen des Getriebes, z. B. beim Antrieb des veränderlichen Teiles einer Papiermaschine, ändert sich bei verschiedenen Drehzahlen die zu übertragende Leistung verhältnisgleich der Drehzahl, die Regelung erfolgt also bei gleichbleibendem Motordrehmoment. Deshalb sind in Abb. 11 die Wirkungsgrade für $Md_{II} = 83{,}7$ und 65,1 mkg über den Übersetzungsverhältnissen $100 \frac{n_{II}}{n_I}$ aufgetragen. Bei dem untersuchten Getriebe liegt der beste Wirkungsgrad nahe beim Übersetzungsverhältnis 100 vH; man hat es aber durch entsprechende Bemessung der Hubräume in der Hand, diesen Höchstwert in den Bereich irgendeines andern Übersetzungsverhältnisses zu legen.

Abb. 11
Abhängigkeit des Wirkungsgrades vom Übersetzungsverhältnis bei 403 Uml./min

Abb. 12
Kennliniendiagramm für $n_I = 304$

Abb. 13
Kennliniendiagramm für $n_I = 403$

Die für drei Pumpendrehzahlen gezeichneten Kennliniendiagramme, Abb. 12 bis 14, zeigen das Verhalten des Getriebes unter den verschiedensten Betriebsumständen.

Bei einzelnen Versuchen wurde ε bis auf rd. 0,15 verringert, wobei Übersetzungsverhältnisse zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_{12}$ erreicht wurden. Abgesehen davon, daß die Abbremsung so kleiner Drehzahlen mit dem Pronyschen Zaum Schwierigkeiten macht, geht schon aus den Kennliniendiagrammen hervor, daß die Drehzahl des Ölmotors bei noch weiterer Verminderung des Hubraumes der Pumpe von der Belastung stark abhängig ist. Natürlich hat man es auch hier wieder in der Hand, durch größere Bemessung des Ölmotors den günstigsten Arbeitsbereich des Getriebes in das Gebiet der größeren Übersetzungen zu verschieben.

Abb. 14
Kennliniendiagramm für $n_I = 502$

Die Versuche im Laboratorium beschränkten sich auf die Feststellung der Leistungsgrenzen und des Wirkungsgrades des untersuchten Getriebes, und es gelang, auch die Umstände zu klären, die von Einfluß auf diese Größen sind. Über die betriebliche Eignung kann nicht der Laboratoriumsversuch, sondern nur die Bewährung in der Praxis entscheiden. Es sei jedoch erwähnt, daß sich während der ganzen Versuchzeit und unter Betriebsumständen, die in gewisser Hinsicht ungünstiger waren als im praktischen Betrieb (behelfsmäßiger Unterbau und rasche Belastungsänderungen), nicht die geringsten Störungen zeigten. [B 282]

Schul- u. Verkehrsflugzeug Focke-Wulf

Das Baumuster GL 18 c der Firma Focke-Wulf Flugzeugbau A.-G., Bremen, ist eine Weiterbildung des Baumusters GL 18[1]). An der Tragfläche sind zu beiden Seiten des Rumpfes je ein luftgekühlter 100 PS-Siemens-Sternmotor, Bauart Sh 12, eingebaut, Abb. 1.

Den Rumpf des Flugzeuges hat man gegenüber dem Baumuster GL 18 bedeutend breiter ausgeführt; in dem Führerraum sind daher zwei Führersitze mit Doppelsteuerung eingebaut worden. Bei Schulflügen kann der Fluglehrer im Bedarfsfalle das Höhenruder des Schülers bei falschen Steuerungen ausschalten. Das Flugzeug ist auch gut geeignet für junge Verkehrsflugzeug-Führer, damit sie sich mit der Führung mehrmotoriger Flugzeuge vertraut machen.

Die Motoren sind mit einer stromlinienförmigen Blechverkleidung versehen. Der Motorspant besteht aus Stahlblech und ist an einem Stahlrohrgerüst befestigt, das mit Stahlbolzen am Kastenholm des Flügels verschraubt ist. Der Motorträger ist so durchgebildet, daß sämtliche Teile, besonders Vergaser und Magnet, für eine Nachprüfung leicht zugänglich sind. Über jedem Vergaser endigt eine Feuerlöschleitung des Handfeuerlöschers, der im Führerraum eingebaut ist.

Der Gesamtaufbau der Tragfläche und des Rumpfes gleicht dem Baumuster GL 18. [M 325]

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 621.

Abb. 1
Motoreneinbau des Focke-Wulf-Schul- und Verkehrsflugzeuges

Die technische Herstellung von wasserfreiem Alkohol durch Druckdestillation

Von Dr.-Ing. Otto v. Keußler, Darmstadt

Als wirtschaftlichstes Verfahren zur Großherstellung von wasserfreiem Alkohol hat sich die Destillation von Sprit mit Benzol nach Young durchgesetzt. Eine grundlegende Verbesserung dieses Verfahrens in bezug auf Ausbeute und Wärmewirtschaft ist die Druckdestillation des Sprit-Benzol-Gemisches. Eine Apparatur für eine tägliche Leistung von 25000 l absolutem Alkohol wird beschrieben und die stufenweis erfolgende Ausnutzung der Wärme gezeigt.

Einleitung[1])

Das Bedürfnis, wasserfreien (absoluten) Alkohol in großen Mengen herzustellen, ergab sich als Folge der Bestrebungen, Spiritus als Kraftstoff zu ver-nden. Sprit, d. h. eine Alkohol-Wasser-Lösung mit . 6 vH Wassergehalt[2]) steht dem wasserfreien Alkohol cht nur an Heizwert und in seinem „motorischen Ver-lten" nach, sondern hat eine Reihe von Eigenschaften, e seiner Verwendung als Kraftstoff abträglich sind. e Hauptübelstände der sprithaltigen Kraftstoffe sind ihre igung, Metallanfressung hervorzurufen und Nichtmisch-rkeit mit Benzin. Mit der Entwässerung des Sprits auf er 99 vH Alkohol fallen diese beiden Mißstände weg, und r praktisch wasserfreie Alkohol kann in Mischung mit nzin alle die guten Kraftstoffeigenschaften, die ihm in r Tat eigen sind, zur Geltung bringen. Neben der uberen und weichen Verbrennung ist besonders seine he Kompressionsfestigkeit von Bedeutung. Er wirkt, opfendem Benzin in genügender Menge zugesetzt, eben- wie Benzol als Antiklopfmittel, ohne daß es nötig ist, r Herstellung einer vollkommenen und beständigen sung Homogenisierungsmittel zuzugeben.

Die gewöhnliche Rektifikation des wässerigen Spiri-s kann jedoch aus physikalischen Gründen nicht zu asserfreiem Alkohol führen. Das Flüssigkeitsgemisch kohol und Wasser bildet zwar in jedem Mischverhält-s eine homogene Lösung, kann jedoch, auch bei unend-h wiederholter Destillation nur Spiritus von hohem Rein-halt liefern, der ein sogenanntes azeotorisches oder aus-zeichnetes Gemisch darstellt, d. h. tiefer siedet, als les der Bestandteile für sich, also auch wasserfreier kohol. Die theoretische Zusammensetzung dieses aus-zeichneten Gemisches ist von S. Young sehr genau stimmt worden[3]). Er fand, daß bei 760 mm Druck das nstant siedende Gemisch 95,57 Gew.-vH Alkohol enthält d bei 78,15 °C übergeht. Der Siedepunkt des ausgezeich-ten Gemisches liegt also 0,15 ° niedriger als der Siede-nkt des reinen Äthylalkohols (78,30 °). In der Praxis rd mit guten Destilliersäulen ein Sprit von 94,4 bis 6 vH Gehalt erreicht.

Um den Alkohol vollkommen zu entwässern sind also sondere Maßnahmen notwendig. Im Laufe der Zeit id dann auch zahlreiche Verfahren ausgearbeitet wor-n, jedoch nur ein geringer Teil hat sich in der indu-iellen Praxis bewährt. Besonders in Frankreich hat n seit 1921 daran gearbeitet, alte und neue Verfahren den technischen Großbetrieb auszugestalten[4]). Von sen haben sich wieder nur zwei, und zwar grundsätz-h verschiedene Verfahren als brauchbar erwiesen: Das lkverfahren und die Destillation von Sprit unter Ben-zusatz nach Young.

Die altbekannte, wasserentziehende Wirkung von ge-nntem Kalk auf Sprit beruht auf der chemischen wirkung von Calciumoxyd auf Wasser nach der rmel:

$$C_aO + H_2O = C_a(OH)_2 + 8{,}64 \text{ kcal.}$$

Zur Bindung von 1 kg Wasser werden theoretisch 1 kg gebrannter Kalk gebraucht. In der Praxis muß 4,5 bis 5 kg C_aO für 1 kg H_2O, d. h. mit einem Über-uß von rd. 60 vH gerechnet werden, will man einiger-maßen zum Ziele kommen. Bei der großtechnischen Anwendung dieses Verfahrens in ununterbrochenem Betrieb ist es schwierig, ein gleichmäßiges Erzeugnis zu erhalten. Die Beherrschung des im Gegenstrom zu den Spritdämpfen sich bewegenden Kalkes in den Apparaten erfordert verwickelte Einrichtungen. Vor allem sind die Verluste an Alkohol, der sich nicht vollständig aus dem Kalk zurückgewinnen läßt, so hoch (7 bis 10 vH), daß dies Verfahren immer mehr von der Destillation nach Young verdrängt wird. Neuerdings ist es nach einem von der Firma E. Merck, Darmstadt, zum Patent angemeldeten Verfahren gelungen, auch das Kalkverfahren wesentlich zu verbessern. Bei diesem wird bei Herabsetzung der Reaktionsdauer auf den vierten Teil der Zeit und Verminderung der Verluste auf rd. 2 vH ein vollkommen wasserfreier Alkohol, wie er für manche chemische Zwecke gebraucht wird, erzielt.

Das Youngsche Verfahren beruht auf der physikalischen Tatsache, daß bei Unlöslichkeit oder wenigstens Schwerlöslichkeit der Komponenten eines Flüssigkeitsgemisches das Daltonsche Gesetz der Teildrücke für die Flüssigkeitsdämpfe Geltung hat. Der Zusatz einer geeigneten organischen Flüssigkeit zu Sprit, die, wie z. B. Benzol in Wasser, praktisch unlöslich ist, hat zur Folge, daß der Siedepunkt des so erhaltenen ternären Gemenges tiefer liegt, als der Siedepunkt des Sprits für sich allein. Bei der Destillation geht dann zuerst ein ternäres (dreifaches) azeotropisches Gemisch über, das neben dem Zusatzkörper stark wässerigen Spiritus enthält.

Die Grundlagen der Destillationsverfahren

Destillation ohne Druck (nach Young)

Um einen Sprit mit 94 vH Gehalt vollkommen von seinem Wasser zu befreien, wird ein Gemisch von 55 Vol.-vH Sprit und 45 Vol.-vH Benzol rektifiziert. Als erstes Destillat geht bei 64,85 °C ein ternäres Gemenge von der Zusammensetzung 7,5 vH (6,5 Vol.-vH) Wasser, 18,5 vH (20,3 Vol.-vH) Alkohol und 74,0 vH (73,2 Vol.-vH) Benzol über. Der mit dem Benzol übergehende Spiritus hat dementsprechend 72 vH. Ist kein Wasser mehr in der Blase vorhanden, so steigt der Siedepunkt des verbleibenden binären Gemisches (Alkohol und der Überschuß an Benzol) auf 68,25 °, und es geht jetzt so lange das zweite Destillat über, das 32,4 vH (34,5 Vol.-vH) Alkohol und 67,6 vH (65,5 Vol.-vH) Benzol enthält, bis der Blaseninhalt benzolfrei ist. Als Blasenrest bleibt reiner wasserfreier Alkohol zurück.

Das erste Destillat wird durch Auswaschen mittels Wassers in Benzol und wässerigen Spiritus getrennt. Das Benzol findet mit dem zweiten Destillat bei der nächsten Charge unmittelbar Verwendung, während der wässerige Spiritus erst nach der Rektifikation auf hochgradigen Sprit zum neuen Ansatz hinzugenommen wird. Das Verfahren arbeitet also an sich verlustlos, da Verluste nur durch Verdunstung entstehen und durch geeignete Maßnahmen verhindert werden können.

Nach Ablauf der Youngschen Patente[5]) hat sein Verfahren allgemein Anwendung gefunden. Mit der Verbesserung der Anlagen, der Vervollkommnung der betriebstechnischen Durchführung und der Ausarbeitung eines ununterbrochen arbeitenden Betriebes hat man sich besonders in Frankreich beschäftigt, wo jetzt hauptsächlich nach den Patenten von Evence Coppée[6]) und

[1]) Siehe auch die Dissertation des Verfassers: „Die technische gung von absolutem Alkohol durch Druckdestillation des Ge-ches Alkohol-Wasser-Benzol zur Herstellung eines billigen Kraft-tfes". Darmstadt, 1925.

[2]) Wenn nichts anderes vermerkt ist, sind stets Gewichtsteile egeben.

[3]) Fractional Distillation, London 1903, Verlag Macmillan, S. 67.

[4]) „Bulletin de l'Association des Chimistes, Paris 1924, Verlag y & Fils, S. 337, „L'alcool absolu, son histoire, sa fabrication, controle".

[5]) DRP Nr. 142 502 vom 17. Oktober 1901.

[6]) Französische Patente Nr. 166 424 vom 20. November 1922 und Nr. 172 400 vom 19. April 1923.

Abb. 1
Destillation bei Atmosphärendruck

Abb. 2
Destillation bei 10 at Überdruck

Abb. 1 und 2
Fabrikationsgang für 100 l Beschickung

Abb. 3
Anlage zur Herstellung von wasserfreiem Alkohol nach dem Druckverfahren

a Ansatzgefäß
b Kreiselpumpe
c Heißwasservorwärmer
d Hochdruckblase
e Hochdrucksäule
f Rücklaufkühler
g Drosselventil
h Schlußkühler
i Blase
k Niederdrucksäule
l Schlußkühler
m Scheidetrichter
n Wärmeaustauscher
o Rektifiziersäule
p Benzolbehälter
q Pumpenraum
r Kühler für die Entlüftungsleitung

Ricard Allenet & Co[7]) gearbeitet wird. In Amerika beschäftigt sich die Industrial Alcohol Co., New York, mit der gleichen Aufgabe[8]).

Unter den zahlreichen Verfahren, die zur großtechnischen Herstellung von absolutem Alkohol ausgearbeitet worden sind, hat sich dies Destillationsverfahren zweifellos am besten bewährt und wird auch im größten Maßstab angewandt. Immerhin sind auch im größten Maßfahren die Ausbeuten an absolutem Alkohol gering, der Aufwand an Heizdampf hoch und die Betriebsführung schwierig, da nur bei ganz gleichmäßiger, störungsfreier Destillation das Ziel erreicht wird.

Destillation bei 10 at Überdruck

Das nachstehend beschriebene Verfahren der Destillation von Sprit mit Benzol unter 10 at Überdruck[9]) bedeutet gegenüber dem Youngschen Verfahren einen Fortschritt in doppelter Hinsicht. Der Überdruck bewirkt einmal eine Verschiebung der Dampfzusammensetzung in dem Sinne, daß im Destillat der Wassergehalt und in verhältnismäßig geringem Maß auch der Alkoholgehalt steigt, während der Benzolgehalt abnimmt. Außerdem wird auch die rein betriebsmäßige Durchführung der Destillation bei Anwendung von Überdruck erleichtert; denn sie verläuft ruhiger und gleichmäßiger als ohne Druck und ist weniger empfindlich gegen Schwankungen des Heizdampfdruckes und der Rücklaufmenge. Ein weiterer wichtiger wärmetechnischer Vorteil bei der Druckdestillation ist die Möglichkeit, den Heizdampf in zwei Stufen auszunutzen, worauf bei der Beschreibung der Anlage näher eingegangen werden soll.

Bei der Druckdestillation genügt ein Zusatz 25 Vol.-vH Benzol, um durch Destillation bei 10 at Überdruck den Spiritus vollkommen zu entwässern. Als ers Destillat geht bei 144° ein ternäres Gemenge über, 18 vH (15,8 Vol.-vH) Wasser, 21,3 vH (23,7 Vol.-vH) kohol und 60,7 vH (60,5 Vol.-vH) Benzol enthält. Der dem Benzol übergehende Spiritus hat jetzt also 54,2 vH Gehalt. Wenn kein Wasser mehr in der Bl vorhanden ist, so würde bei einer Weiterführung der stillation unter 10 at Überdruck der Siedepunkt des bleibenden binären Gemisches, Alkohol mit dem Überschuß an Benzol, auf 149° steigen und ein zweites stillat von der Zusammensetzung 62 vH (63,3 Vol.-vH) kohol und 38 vH (36,7 Vol.-vH) Benzol übergehen. es sich in diesem Abschnitt der Destillation jedoch noch darum handelt, den Benzolüberschuß abzutreib und da bei einer Destillation ohne Druck der Anteil Benzols im Destillat höher ist (67,6 vH), so ist es zwe mäßig, nunmehr ohne Druck weiter zu destillieren, bis Blaseninhalt benzolfrei ist. Als Blasenrest bl wiederum reiner wasserfreier Alkohol zurück. Die A arbeitung und Verwendung des ersten und zweiten stillates wird ebenso wie bei dem Youngschen Verfah vorgenommen.

Die graphische Darstellung der Leistung des stillationsverfahrens ohne Druck, verglichen mit der stillation bei 10 at Überdruck, zeigt augenfällig die V teile der Druckdestillation. In Abb. 1 und 2 ist der H stellungsgang als Diagramm für 100 l Ansatz für be Verfahren dargestellt. Aus der Darstellung ist der v lustlose Fabrikationsgang der Destillationsverfahren sichtlich. Der Ansatz, bestehend aus Benzol und Sp teilt sich jedesmal in erstes Destillat, zweites Destil Endprodukt (wasserfreier Alkohol) und Wasser. erste Destillat, in der oben angegebenen Zusamm setzung, wird im Scheidetrichter in Benzol und wässeri Spiritus getrennt und der Spiritus wieder auf 94 vH r tifiziert. Das Benzol des ersten Destillats geht ebe wie das zweite Destillat (Benzol und Alkohol) und der hochrektifizierte Sprit in das Ansatzgefäß zurü so daß also das gesamte Benzol und auch ein Teil

[7]) Bulletin de l'Association des Chimistes 1924 S. 403.
[8]) Amerikanisches Patent Nr. 1 490 520 vom 8. Januar 1923.
[9]) Vergl. E. Merck, Darmstadt, DRP Nr. 445 240 vom 8. Dezember 1924 und Auslandpatente.

lkohols einen steten Kreislauf ausführt. Ein Vergleich ·ider Destillationsverfahren zeigt, daß die Destillation ›n 100 l Ansatz bei Atmosphärendruck 35,2 l wasser-eien Alkohol ergibt, während die Destillation bei 10 at berdruck 60,4 l liefert.

Anlage

Eine ununterbrochen arbeitende Einrichtung für eine ıgesleistung von 25 000 l wasserfreiem Alkohol, die ıch dem Grundsatz der Druckdestillation arbeitet, ist Abb. 3 dargestellt. Von den Anlagen französischer oder nerikanischer Bauart unterscheidet sie sich grundsätz-ch darin, daß die Entwässerung des Sprits und das Ab-estillieren des Benzolüberschusses getrennt in zwei ntereinandergeschalteten Säulen vorgenommen wird, ›n denen die erste unter 10 at Überdruck steht, wäh-nd die zweite bei Atmosphärendruck arbeitet; ferner-n dadurch, daß der Sprit mit dem Benzol in nem besonderen Ansatzgefäß in der dem Destillations-uck entsprechenden Zusammensetzung erst gemischt ird, bevor er der Drucksäule zugeführt wird. Eine naue Nachprüfung der Zusammensetzung, die für den ang der Destillation und die Ausbeute wichtig ist, wird durch möglich.

Die Anlage arbeitet demnach folgendermaßen:

Aus dem Ansatzgefäß *a* saugt eine zehnstufige reiselpumpe *b* das Gemisch Sprit-Benzol an und drückt über den Heißwasservorwärmer *c* und eine im Kopf er Hochdrucksäule *e* eingebaute Vorheizschlange dieser naufhörlich zu. Das Gemisch Alkohol-Wasser-Benzol ießt entgegen den aufsteigenden Dämpfen über die öden der Säule hinab und wird dabei von seinem 'assergehalt befreit. In der durch Dampfschlangen be-izten Hochdruckblase *d*, die ebenso wie die Säule *e* ıd der Rücklaufkühler *f* unter einem Eigendampfüber-uck von 10 at steht, sammelt sich ein Gemisch von ›solutem Alkohol und dem überschüssigen Benzol, ährend das Destillat, stark wässeriger Spiritus mit der auptmenge des Benzols, in der angegebenen Zusammen-tzung nach Entspannung durch das Drosselventil *g* ›er den Schlußkühler *h* die Geräte verläßt. Das in der ochdruckblase sich sammelnde Gemisch wird über einen ·gelnden Kondenstopf der Niederdrucksäule *k* stetig ıgeführt. Nachdem hier das Benzol abgeschieden ist, ımmelt sich in der Blase *i* wasser- und benzolfreier Al-›hol und wird, wiederum durch einen regelnden Kon-enstopf, über den Schlußkühler *l* als Enderzeugnis ab-zogen und dem im Keller liegenden Vorratbehälter ıgeführt.

Das Destillat der Säule *e* wird in dem Scheide-ichter *m* in benzolfreien, wässerigen Spiritus (unten) ıd reines Benzol (oben) getrennt. Der Spiritus fließt ›er einen Wärmeaustauscher *n* der ununterbrochen ar-itenden Rektifiziersäule *o* zu. er zurückgewonnene Sprit kehrt it dem Benzol aus dem Scheide-ichter und dem Destillat der Nie-erdrucksäule *k* (Alkohol-Benzol) das Ansatzgefäß *a* zurück. Dem nsatzgefäß fließt außerdem über n Schwimmerventil Frischspiritus us einem neben der Säule *e* ste-nden, in Abb. 3 nicht sichtbaren ochbehälter zu. Der Behälter *p* ıthält das zur Inbetriebsetzung ıtige Benzol. Die beiden Behälter rden durch die Pumpen im Pum-nraum *q* aus den im Keller lie-nden Vorratbehältern gespeist. mtliche Behälter und Rohrleitun-n sind an eine Entlüftungsleitung ıgeschlossen, die über den Kühler ins Freie führt. Dieser Kühler rhindert Verdunstungsverluste.

Bei der Überwachung des anges der gesamten Anlage ist von größter Wichtigkeit, die Zu-mmensetzung des Inhaltes von och- und Niederdruckblase jederzeit nach Benzolgehalt und Gradigkeit des Alkohols schnell und genau feststellen zu können. Die Bestimmung des Alkohols nach dem spezifischen Gewicht ist, wenn der Benzolgehalt bekannt ist, wohl möglich, aber zu ungenau. D. Peters hat daher für diesen Zweck ein neues Bestimmungsverfahren ausgearbeitet[10]), das auf folgendem Grundsatz beruht:

Wird ein Alkohol-Wasser-Benzol-Gemisch mit Petroleum versetzt, so hat dieses Gemenge eine von der Gradigkeit des Alkohols und vom Benzolgehalt stark abhängige Entmischungstemperatur. Wenn also der Benzolgehalt durch Auswaschen mit Wasser festgestellt wird und man die Entmischungstemperatur einer gewissen Menge der Probe mit der gleichen Menge Petroleum bestimmt, so kann aus diesen beiden Angaben auf die Gradigkeit des Alkohols geschlossen werden. Das Verfahren arbeitet mit einer Genauigkeit von ± 0,05 vH Alkohol.

Die erste Großanlage, die nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren arbeitet, wurde von der Firma E. Merck, Darmstadt, in der Spritfabrik Adlershof-Berlin der Reichsmonopolverwaltung für Branntwein errichtet. Sie liefert 24 000 bis 25 000 l absoluten Alkohol täglich und ist seit Anfang des Jahres im Dauerbetrieb.

Wärmewirtschaft

Es war schon darauf hingewiesen worden, daß die Anwendung der Druckdestillation zur Herstellung von wasserfreiem Alkohol nicht allein das Destillat wasserreicher und benzolärmer macht, sondern auch die Möglichkeit einer wesentlichen Ersparnis an Heizdampf durch abgestufte Ausnutzung des Wärmeinhaltes des Frischdampfes gibt, Abb. 4.

Mit dem im Kesselhaus erzeugten Sattdampf von 8 at Überdruck (175 °) wird nur die Hochdruckblase *d*, Abb. 3, durch Schlangen beheizt. Der Inhalt Alkohol-Benzol siedet unter einem Eigendampfüberdruck von 10 at bei 149 °. Das aus den Heizschlangen austretende Gemisch von Abdampf und Kondensat wird unmittelbar den Heizschlangen der Niederdruckblase *i* zugeführt. Der Wärmeinhalt dieses rd. 150 ° heißen Dampf-Wassergemisches und des übertretenden heißen Alkohol-Benzolgemisches genügt, um die Niederdruckblase, deren Inhalt — der absolute Alkohol — bei 79,3 ° siedet, zu betreiben. Der Heizdampf, der so in zwei Stufen seinen Wärmeinhalt an Hoch- und Niederdruckblase abgegeben hat, kehrt als Kondensat von rd. 80 ° über einen selbsttätigen Rückleiter in den Heizkessel zurück. Der Heizdampf führt also als Wärmeträger einen stets wiederholten und in sich geschlossenen Kreislauf zwischen Dampfkessel und Anlage aus.

[10]) Vergl. Dr. D. Peters, „Die Wasserbestimmung in Spiritus-Benzol-Gemischen", Zeitschrift f. angew. Chemie; erscheint demnächst.

Abb. 4
Wärmebewegung bei der Druckdestillation des Alkohols

Von der der Hochdruckblase zugeführten und zur Rektifikation aufgewendeten Wärmemenge werden etwa 4/5 zur Erzeugung des Rücklaufes im Rücklaufkühler *f* und 1/5 im Schlußkühler *h* wieder abgeführt. Im Rücklaufkühler wird also der größte Teil des Wärmeinhaltes der 144 ° heißen Dämpfe durch Verdampfung von Kühlwasser wiedergewonnen. Der Rücklaufkühler selbst ist als Dampffaß ausgebildet und gestattet die Erzeugung eines Wasserdampfes von 0,5 at Überdruck (110 °). Mit diesem Dampf wird die Spiritusrektifiziersäule *o* durch unmittelbare Beheizung (Einblasen des Heizdampfes am Fuße der Säule) betrieben.

Das von der Kreiselpumpe *b* in die Hochdrucksäule *e* geförderte Gemisch wird erst in dem Vorwärmer *c* durch das reichlich anfallende Heißwasser von 70 ° aus den Rücklaufkühlern der Niederdrucksäule *k* und der Rektifiziersäule *o* auf 60 ° und dann in der Vorheizschlange im Kopf der Hochdrucksäule auf 140 ° vorgewärmt.

Der wässerige Spiritus aus dem Scheidetrichter *m* wird vor dem Eintritt in die Rektifiziersäule *o* durch das am Fuße der Säule abgezogene heiße Lutterwasser (Heizdampfkondensat und Verdünnungswasser) im Gegenstrom im Wärmeaustauscher *n* erwärmt. Das Kühlwasser aus den Schlußkühlern der drei Säulen (rd. 60 °) wird zur Vorwärmung des Frischsprits im Hochbehälter, der mit einer am Boden liegenden Heizschlange versehen ist, verwendet. Durch die restlose Erfassung aller Abfallwärme wird somit ereicht, daß die im Kesselhaus erzeugte und durch den Frischdampf den Geräten zugeführte Wärmemenge stufenweise bis auf eine Wassertemperatur von etwa 40 ° ausgenutzt wird.

Eine Anlage, die nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren arbeitet, kann nur als Großanlage und im Dauerbetrieb das Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit erreichen. Der Gedanke, die Herstellung von absolutem Alkohol den Erzeugern von Spiritus, die in landwirtschaftlichen Betrieben zudem nur während des Winters arbeiten, zu überlassen, wäre allein schon aus diesem Grunde verfehlt. Anderseits aber ist die Tagesleistung einer Anlage durch die Abmessungen der Drucksäule nach oben hin begrenzt. Mit Rücksicht auf die mit dem Durchmesser schnell wachsenden Wanddicken bei 10 at Überdruck kann die Drucksäule nicht beliebig vergrößert werden. Als Normalanlage kann daher die beschriebene Anlage mit einer täglichen Leistung von rd. 25 000 l absolutem Alkohol gelten. Bei einem größeren Bedarf werden zwei und mehr Anlagen dieser Größe aufgestellt.

Es sei noch bemerkt, daß das Druckdestillationsverfahren ganz allgemein zur Trennung von azeotropischen Gemischen verwendbar ist, also auch zur Herstellung von wasserfreiem Propylalkohol, Isopropylalkohol usw.

Allgemeines

Die Erfahrungen mit alkoholhaltigen Kraftstoffen, die man in den letzten Jahren in Frankreich, Schweden, England und auch in Deutschland gemacht hat, haben die vielfach noch vorhandenen Vorurteile zum Schwinden gebracht. Bemerkenswert ist, daß Alkoholkraftstoffe aus den eingangs erwähnten Gründen auch bei den höchste Anforderungen an Kraftstoff und Motor stellenden R nen immer mehr bevorzugt werden. Von der motorte nischen Seite gesehen, können also Mischungen, bes ders von Benzin mit wasserfreiem Alkohol, als Fo schritt begrüßt werden. Dann ist aber auch die Verw dung von Alkohol als Kraftstoff volkswirtschaftlich v weitgehender Bedeutung.

Bei dem von Jahr zu Jahr steigenden Bedarf flüssigen Brennstoffen für Leichtmotoren geraten ölar Länder in bezug auf diesen wichtigen Rohstoff, der na dem Ausspruch eines bekannten französischen Staa mannes im Kriege „kostbarer war als Blut“, in imn größere Abhängigkeit. Dagegen ist beinahe jedes La in der Lage, Spiritus herzustellen, sei es durch Vergäru stärkehaltiger Stoffe (Roggen, Mais, Kartoffeln) od zuckerhaltiger Substanzen (Zuckerrüben, Melasse usw Außerdem kann Alkohol in nahezu unbegrenzten Meng hergestellt werden durch Aufarbeitung der Sulfita laugen aus den Zellstoffabriken, durch Herstellung v synthetischem Alkohol nach dem Karbidverfahren (Karb sprit), und nach der neuerdings verbesserten Herstellu von Spiritus aus Holztrockensubsta nach Prof. Dr. Classen, Aachen. Jedes Land ka also, wenn es die Möglichkeit seiner Spiritusfabrikati erkennt und ausbaut, in großem Maßstab Selbsterzeug von guten Kraftstoffen werden, deren Rohstoff sich u erschöpflich durch Wachstum erneuert.

Der wasserfreie Alkohol wird aber nicht nur Kraftstoff Verwendung finden, sondern sich als Lösun mittel in der chemischen Industrie ein weites und no wenig bearbeitetes Absatzgebiet eröffnen.

Seine Eigenschaften als Lösungs- und Extraktio mittel sind von denen des Sprits durchaus verschied Man hat z. B. beobachtet, daß Nitrozellulose, die Sprit von 94 vH nur mit 3 bis 4 vH in Lösung geht, s in wasserfreiem Alkohol bis zu 16 und 17 vH löst. trierte Baumwolle löst sich in wasserfreiem Alkohol zu 84 bis 93 vH, während Sprit nur 20 bis 35 vH a nimmt. Dabei sind die gelösten und nicht gelösten P dukte bei Sprit und Alkohol häufig durchaus versch den[11]). Für absoluten Alkohol als Lösungsmittel lass sich außerdem höhere Preise erzielen als bei seiner V wendung als Kraftstoff.

Nachdem festgestellt worden ist, daß die in hochg digem Rohsprit noch vorhandenen Verunreinigungen der Druckdestillation mit dem ersten Destillat übergeh kann aus solchem in einem Fabrikationsgang rei wasserfreier Alkohol erhalten werden. Die Verunrei gungen (Fuselöle) finden sich dabei im wässerigen S ritus wieder und werden bei dessen Rektifikation üblich abgezogen. Da die Herstellung von absolut Alkohol mit einer solchen gleichzeitigen Reinigung liger ist als die Reinigung des Rohsprits durch V dünnung auf Spiritus von 50 vH und erneute Rekt kation, so kann reiner wasserfreier Alkohol billiger h gestellt werden als Feinsprit von hohem Reingehalt.

[11]) Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie na nale, Paris, 1924 S. 216.

[B 57

Abb. 1. Kohlenverladebrücke für 52 m Stützweite, gebaut von der Demag für eine dänische Kohlenhandelsgesellschaft, für 30 bis 40 t/h (Aufbereitungs-A.-G.) und 4,3 t-Einziehkran Bauart Tigler

Kohlenverladebrücke mit Sieberei

Kohlenhandelsunternehmen, die weitab von den Ge-innungsstätten der Brennstoffe liegen, erhalten diese, abge-hen von dem langen Beförderungsweg, in den meisten illen erst nach mehrmaligem Umladen. Wegen der hierbei ftretenden Zerkleinerung der Brennstoffe sind diese Unter-hmen nicht in der Lage, den Ansprüchen ihrer Abneh-er auf eine bestimmte Stückgröße zu entsprechen, wenn e nicht über eine leistungsfähige und wirtschaftliche eberei verfügen. Diese Sieberei wird in vielen Fällen eckmäßig in die Verladeeinrichtung eingebaut.

Für den Lagerplatz einer dänischen Kohlenhandels-sellschaft hat kürzlich die Demag eine solche Verlade-ücke mit 52 m Spannweite und obenlaufendem 4,3 t-Ein-hkran, Bauart Tigler, gebaut, Abb. 1. Die in die fahr-re Brücke eingebaute Sieberei für eine Leistung von t/h Koks und 40 t/h Kohle stammt von der Aufberei-ngs-A.-G., Essen-Ruhr.

Der Einziehkran, Bauart Tigler[1]), hat am Greiferseil ne Tragkraft von 4,3 t bei Grenzausladungen des Auslegers n 17 und 5,5 m. Der Kran mit Wippausleger läßt eine erstellung der Ausladung unter Last auch während des ebens, Drehens und Fahrens des Kranes zu. Der Kran ist nter dem Bunker aufgestellt, damit der Greifer auf dem rzesten und damit schnellsten und billigsten Wege, also hräg aus der Luke über den Bunker durch gleichzeitiges eben und Einziehen gebracht werden kann, ohne daß ein rehen oder Verfahren des Kranes erforderlich wird. Um m Kranführer bei dieser Stellung des Kranes eine gute ersicht über das Arbeitsfeld zu geben, ist der Führerstand it allen Steuerorganen seitlich am Kran angeordnet und weit nach vorn gezogen, daß der Führer die Schiffsluke d den Bunker vor Augen hat.

Der Ausleger besteht aus einem Lenkersystem, dessen gengewicht in allen Stellungen durch ein Gegengewicht n hinteren Ende des am Dachgerüst des Kranes drehbar geordneten Doppelhebels vollständig ausgeglichen ist. im Bewegen des Auslegers durch einen besonderen Elek-omotor mittels Vorgeleges, Doppelkurbel- und Schub-angen sind nur die Reibungswiderstände im Triebwerk, eschleunigungskräfte und Windwiderstände zu überwinden. die Gelenkpunkte des Auslegers sind Rollenlager einge-ut, welche die Reibungswiderstände stark vermindern. In n Grenzstellungen des Auslegers, die den Totlagen der oppelkurbel entsprechen, also nach einer halben Um-ehung der Kurbeln erreicht werden, treten Endausschalter . Tätigkeit. Beim Überfahren dieser Grenzstellungen in-lge Versagens der Endausschalter wird demnach die Be-egungsrichtung des Auslegers einfach umgekehrt, so daß eschädigungen unbedingt vermieden bleiben.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 73; „Güterumschlag", Sonderheft der DI-Zeitschrift, Berlin 1926, S. 84 u. 132.

Bei dem Einziehkran, Bauart Tigler, bewegt sich mit der Last auch die Schnabelrolle fast wagerecht. Das Lastseil, das von der Hubtrommel über Rollen in den Gelenkpunkten des Auslegers zur Schnabelrolle geführt wird, bewegt sich also während des Einziehens auf seinen Leitrollen nicht, wodurch der Seilverschleiß gering gehalten wird. Auch eine Verlängerung des schwingenden Seiles tritt nicht ein, da der Greifer den gleichen Abstand von der Schnabelrolle behält. Das Arbeitspiel des Kranes kann deshalb ruhiger und damit schneller und sicherer erfolgen. Diese Arbeitsweise macht sich beim Umschlag der Brennstoffe vom Lagerplatz in Landfuhrwerke oder Eisenbahnwagen vorteilhaft geltend. Die Wirkungsweise der Anlage zeigen Abb. 2 und 3.

Die in Schiffen am Lagerplatz ankommenden Brennstoffe werden durch den Einziehkran mittels Greifers in einen Bunker *a* gefüllt, der an seinem unteren Ende mit einer verschleiß- und verstellbaren Auslauföffnung versehen ist. Beim Absieben von Koks wird dieser durch eine Aufgebevorrichtung auf einen Rollenrost *b* gebracht, der Koksstücke von weniger als 80 mm Korngröße absiebt und an das Doppelschwingsieb *c* abgibt. Stücke von mehr als 80 mm werden über eine kurze Rutsche in einen Brecher *d* geleitet, der sie auf etwa 60 mm Korngröße zerkleinert. Der zerkleinerte Koks fällt hierauf mit den auf dem Rollenrost *b* abgesiebten Teilen auf das Doppelschwingsieb *c* und wird auf diesem in zwei Stückgrößen abgesiebt.

Der nicht durch das Doppelschwingsieb gegangene Rest, das Grob- oder Überkorn, läuft über eine bewegliche Rutsche *e*, den hochziehbar angeordneten Verladebecherwerken *f* und *g* zu, die ihn in Eisenbahnwagen oder auf den Lagerplatz verladen.

Das Mittelkorn kann ebenfalls in Eisenbahnwagen oder auf den Lagerplatz verladen werden. Für die Verladung in Eisenbahnwagen ist das hochziehbare und rückwärtslaufende Verladebecherwerk *h* vorgesehen und für die Verladung auf den Lagerplatz das Förderband *i* mit der anschließenden einziehbaren sowie heb- und senkbaren Verladerutsche *k*.

Das Feinkorn gelangt nach Verlassen des Schwingsiebes auf das Gummiförderband *l* und über eine schwenkbare Rutsche *m* auf seinen Lagerplatz.

Die Siebbleche des Doppelschwingsiebes werden den gewünschten Stückgrößen angepaßt. Bei einer weitgehenden Siebung nach Stückgröße kann das Gut auch zweimal das Doppelschwingsieb durchlaufen. Das Feinkorn bei der ersten Siebung wird dann gröber gehalten, so daß es noch einmal auf das inzwischen mit andern Siebblechen versehene Doppelschwingsieb gegeben werden kann. Auf diese Weise ist eine Sortierung des Kokses in sechs Stückgrößen möglich.

Beim Absieben von Stückkohlen werden Rollenrost und Brecher ausgeschaltet, da eine Zerkleinerung der Stückkohlen in fast allen Fällen nicht in Frage kommt. In

der Aufgabevorrichtung wird eine Klappe geöffnet, die den Zufluß der Kohlen zum Rollenrost und Brecher sperrt, und sie über eine Rutsche unmittelbar auf das Schwingsieb gelangen läßt. Die Kohle wird dann in der gleichen Weise wie der Koks abgesiebt und in Eisenbahnwagen oder auf den Lagerplatz verladen.

Zum Antrieb des Siebwerkes dienen zehn Elektromotoren mit zusammen 60 PS Dauerleistung. Bei der Koksabsiebung sind etwa 50 PS und bei der Kohlenabsiebung etwa 30 PS nötig. Rollenrost und Brecher sowie Schwingsiebe haben je einen gemeinsamen Antriebmot Die drei Becherwerke haben je zwei Elektromotoren, v denen einer für den Antrieb der Becherkette, der zweite das Hochziehen bestimmt ist. Die Becherwerke sind dur Gegengewichte fast ausgeglichen, die für die beiden Beche werke *f* und *h* an der wasserseitigen und für das Beche werk *g* für Platzverladung an der landseitigen Brück stütze geführt werden.

Die andern Elektromotoren dienen zum Antrieb d beiden Förderbänder. Für das Ein- und Ausziehen sow das Hochziehen der Verladerutsche *k* und für das Hoc ziehen der Rutsche *m* sind Handwinden angebracht. [M 271

Maschinenmäßiger Bergeversatz

Die Hauptbeweggründe für die Einführung des Abbaues mit Bergeversatz liegen in dem Streben, die Abbauverluste auf ein Mindestmaß zurückzuführen, und in der Notwendigkeit einer weitgehenden Sicherung der Tagesoberfläche besonders beim Abbau unter Eisenbahnen, Flußläufen und bebautem Gelände. Wenn der Bergeversatz diesen Zweck ganz erfüllen soll, muß er bis unter die Firste der leergeförderten Hohlräume eingebracht werden und dicht und tragfähig sein. Die mühevolle und unvollkommene Ausführung des Bergeversatzes von Hand hat zu Anfang dieses Jahrhunderts das Spülversatzverfahren aufkommen lassen, bei dem die Handarbeit in Fortfall kommt und der Versatz eine außerordentliche Tragfähigkeit und Dichte aufweist. Die Schwierigkeiten der Wasserklärung (besonders bei ton- und lettenhaltigem Spülgut) und -hebung sowie die sonstigen Nachteile (Quellen des Gebirges) stehen jedoch einer weitgehenden Verbreitung des Spülversatzes hinderlich im Wege.

Bei dem von der Bamag-Meguin-A.-G., Berl durchgebildeten Versatzverfahren mit Hilfe v Druckluft[1]) wird zur Förderung des Versatzgutes Stelle von Wasser Druckluft verwendet. Eine solche Druc luft-Bergeversatzanlage ist auf der Gewerkschaft Deuts land, Oelsnitz, für eine Leistung von 6 bis 12 t/h Was berge in Betrieb. Sie besteht aus zwei nebeneinand stehenden Torkretbehältern, die abwechselnd gefüllt u entleert werden. Das untere Ausflußende jedes Behälte mündet in eine wagerechte Förderschnecke, die das V satzgut durch einen Gummischlauch in eine bis zum V satzort führende eiserne Rohrleitung bringt. Kennzeichne für das Verfahren ist der niedrige Luftdruck von 1,5 2 at beim Verbrauch großer Luftmengen von 150 200 m³ auf 1 t Versatzgut.

Infolge der hohen Luftgeschwindigkeit, die mindeste gleich der Schwebegeschwindigkeit des größten Korn

[1]) „Glückauf" Bd. 63 (1927) S. 441

Abb. 2 und 3
Längsschnitt und Grundriß der Kohlenverladebrücke mit Sieberei

a Bunker
b Rollenrost
c Doppelschwingsieb
d Brecher
e Rutsche
f, g, h Becherwerk
i Förderband
k Verladerutsche
l Gummiförderband
m Rutsche

in muß[2]), verläuft der Vorgang so, daß das Versatzgut ch in einem verhältnismäßig kleinen, in der Mitte gegenen Teil des Rohrquerschnittes bewegt; die Rohrwanıng ist also gewissermaßen durch ein Luftpolster gehützt und weist daher nur einen geringen Verschleiß auf. ls Baustoff für die Krümmer und die Austragdüse hat ch Gummi gut bewährt. Um Verstopfungen zu vermeiden, ll die Korngröße des Aufgabegutes ein Drittel des Rohrırchmessers nicht übersteigen. Die bei Verwendung von ockenem Versatzgut auftretende lästige Staubentwicklung ßt sich durch geringen Wasserzusatz an der Düse beitigen, wodurch auch eine größere Dichtigkeit des Vertzes erreicht wird. Der mittels Druckluft hergestellte Vertz hat sich als fest und tragfähig bis unter die Firste wiesen.

Für eine weitere Neuanlage auf den Kulmizschen einkohlenwerken, Niederschlesien, für eine Leistungshigkeit von 30 bis 50 m³/h wird die alte Spülversatzitung von 187 mm Dmr. verwendet. Bei 2,5 at Betriebsruck und 150 m³/min Luftansaugung berechnet sich der forderliche Kraftbedarf für 1000 m Versatzleitung auf 0 kW.

Eine zweite Möglichkeit der Ausschaltung der Handbeit beim Bergeversatz besteht darin, daß man vor Ort aschinen aufstellt, die den Versatz in das ausgekohlte eld durch Stampfen oder Schleudern fest und dicht einingen. Bei der Versatzmaschine der Carlsütte A.-G., Waldenburg-Altwasser, wird das durch eine hüttelrutsche zugeführte Versatzgut durch in einer Schrägnne laufende Stoßschaufeln bis zur Versatzstelle gehoben. Die Maschine wird in vier Größen gebaut; die eistung der auf der Fuchsgrube, Niederschlesien, verwenten Maschinen beträgt etwa 24 m³/h.

Von den Versatzschleudern sind die Schaufelwurfaschine der Firma Nordhäuser Maschinenbrik Schmidt-Kranz & Co. A.-G., Nordhausen, atent Sethe, und die Bergeversatzmaschinen, Bauart Fried. Krupp, A.-G., Essen, zu erwähnen. Bei der Sethe-Schleuder, die zum Versetzen von leergeförderten Kalifirsten benutzt wird, drehen sich in einem schmiedeisernen Gehäuse von 1 m Dmr. zwei gegenüberliegende, federnd mit der Antriebachse verbundene Stahlblechschaufeln mit 280 bis 320 Uml./min. Das über eine Schüttelrutsche zugeförderte Versatzgut gelangt in gleichmäßig abgemessenen Mengen tangential in das Gehäuse und von hier aus geschlossen zum Abwurf, wobei man die Wurfhöhe durch Verstellen des Auswurfbleches von 2 bis 10 m regeln kann. Die Leistung der sehr einfach aufgebauten Maschine beträgt bei 3,5 bis 6 kW Antriebleistung 30 bis 45 t/h.

Bei der Bergeversatzmaschine von Friedr. Krupp, A.-G., Essen, von Dr. Wemmer ist das Schleuderrad wagerecht gelagert, so daß die Maschine auch in geringmächtigen Flözen verwendet werden kann. Die wagerechte Wurfscheibe befindet sich hierbei in einem auf Kufen verschiebbar verlagerten, auf der Auswurfseite mit einer rechtwinkligen Öffnung versehenen Gehäuse. Das Versatzgut wird unter Zwischenschaltung eines Gurt- oder Bandförderers zwischen Versatzschleuder und Schüttelrutsche zur gleichmäßigen Aufgabe und zur Vermeidung eines absatzweise vorzunehmenden Zurückziehens der Maschine auf die Mitte der Scheibe aufgegeben durch mehrere nockenartige Auswerfer zum Teil zerkleinert und ohne Pressung am Gehäuse-Mantel in der Fallrichtung des Flözes mit einer Streuung von etwa 90° zum Auswurf gebracht[3]). Nach den Betriebserfahrungen auf westfälischen Zechen ist der Verschleiß unerheblich. Die Schleuder bedienen bei vollem Betriebe zwei Mann. Die durchschnittliche Versatzleistung in einem 1,5 m mächtigen, mit 8 bis 10° einfallenden Flöze betrug 40 bis 45 Wagen Berge je Maschinenbetriebstunde. Man hofft jedoch bei planmäßiger Regelung der Bergezufuhr mit der Versatzmaschine 180 bis 200 Wagen Berge in der Schicht zu versetzen, entsprechend einer Leistung von 45 bis 50 Wagen Berge je Mann und Schicht gegenüber 18 bis 20 Wagen bei Handversatz.

Berlin. [N 431] Prockat

[2]) Ztschr. d. Oberschl. Berg- u. Hüttenm. Vereins Bd. 66 (1927) S. 22.

[3]) „Glückauf" Bd. 63 (1927) S. 578.

Wilhelm Lorenz †

Am 29. August 1926 kam aus Karlsruhe die Nachricht vom Tode des Geh. Kommerzienrats Dr.-Ing. E. h. und Dr. med. h. c. Wilhelm Lorenz. Mit seinem Namen verband sich für die jüngere Generation wohl nur die Vorstellung von der Person eines Unternehmers auf dem Gebiete der Industrie, dessen Tätigkeit von reichen materiellen Erfolgen begleitet war. Nur wenige dagegen aus älterer Zeit wissen noch zu berichten, wie Wilhelm Lorenz, aus bescheidenen engen Verhältnissen hervorgegangen, ausgestattet aber mit den besten praktischen Fähigkeiten und mit stärkster Willenskraft, sich von kleinen handwerklichen Anfängen zu einem der bedeutendsten Konstrukteure seiner Zeit emporgearbeitet hat, so daß er auf dem Höhepunkt seiner Tätigkeit industrielle Verbindungen nach allen großen europäischen und auch außereuropäischen Wirtschaftsgebieten unterhalten konnte.

Sein Geburtsort ist Gesecke in Westfalen. Dort kam er am 15. Oktober 1842 als siebenter Sohn eines Beamten der mittleren Justizlaufbahn zur Welt. Schon im Alter von 12 Jahren verlor er Vater und Mutter, kam in eine harte Handwerkerlehre und war dann im Laufe von zehn Jahren in mehreren Betrieben der Maschinenindustrie tätig. Sein technisches Wissen mußte er sich aus Lehrbüchern und Privatunterricht verschaffen. 1870 kam er zur Maschinenbaugesellschaft vorm. Georg Egestorff in Hannover, wo er Gelegenheit fand, Maschinen und Werkzeuge für Zündkapselfabrikation zu konstruieren. Insbesondere auf Grund der hierbei gewonnenen Erfahrungen nahm er Mitte der siebziger Jahre eine Stellung in der Patronenfabrik Karlsruhe an, die sich damals mit einer Belegschaft von 50 Mann in den ersten Anfängen befand. Hier führte Lorenz zunächst ein übersichtliches Kalkulationsverfahren und ein Normalmaß für die Werkzeuge ein. Ferner schuf er für die Werkzeuge ein Härteverfahren und einen Härteprüfer und erregte damit bald die Beachtung weiter Kreise der Metallindustrie.

Mit dem Jahre 1878 beginnt die selbständige Unternehmertätigkeit von Wilhelm Lorenz. Damals wurden die Aufträge der Militärbehörde für die Patronenfabrik in Karlsruhe eingestellt. Der bisherige Besitzer entschloß sich, den Betrieb an Lorenz zu verkaufen. Dieser verbesserte sofort die Fabrikation durch zweckentsprechenden Werkstättenneubau und erreichte durch die Konstruktion selbsttätig arbeitender Maschinen eine rationellere Arbeitsweise. Von der Fabrikation der Patronenhülsen ging er zur Anfertigung der Hülsen für Schnellfeuergeschütze und schwere Geschütze über. Außerdem nahm er die Fabrikation von Maschinen zur Herstellung der Patronen sowie den Bau von Transmissionen und Lagern nach eigenen Patenten auf. Dazu kam die Herstellung von ebenfalls patentierten Bremskupplungen und Sonderwerkzeugen.

Während bis dahin der Mantel von Geschoßhülsen bei Gruson in Magdeburg auf den eisernen Boden aufgenietet wurde, begann Lorenz, die Hülsen aus einem Stück zu ziehen. Er betrieb den Bau von Maschinen zur Herstellung von Hülsen in großen Abmessungen und brachte bereits 1880 solche gezogenen Hülsen für 5,3 cm-Geschütze heraus. Alsdann baute er, da ihm die Überlassung von Geschützen für den Versuch der Verwendung der Metallpatronen für schwere Geschütze abgelehnt wurde, selbst ein Versuchsgeschütz mit einem vom Bochumer Gußstahlwerk gelieferten Rohr. Mit Genehmigung der Militärbehörde fanden die ersten Versuche statt, bei denen die verfeuerten Hülsen selbsttätig aus dem Geschütz ausgeworfen wurden. Im Jahre 1883 konnten auf dem Schießplatz in Hagenau die ersten Metallpatronen aus Feldgeschützen abgeschossen werden.

So waren dem schaffenden Geist des damals noch nicht 40jährigen Unternehmers im Laufe weniger Jahre Erfolge beschieden, die für die Heeresindustrie von au schlaggebender Bedeutung waren. In einem verlassen Steinbruch bei Grötzingen richtete sich Lorenz ein eigenen Schießplatz ein. Dort fanden sich zur Teilnah an den Schießversuchen militärische Abgeordnete al Herren Länder ein. In dieser Zeit knüpfte er Geschä beziehungen zu vielen Militärbehörden an.

Schon Anfang der achtziger Jahre lieferte Lore nach China eine vollständige Fabrikationseinrichtung f Gewehrmunition. Im gleichen Zeitraum bezog Japan v Lorenz Maschinen zur Herstellung von Artiller munition. Die Jahre 1884 bis 1886 brachten die Verbi dung mit Österreich, Italien und England. Nach dies Ländern wurden vollständige Fabrikeinrichtungen für d Herstellung von Geschützhülsen geliefert.

Durch die Konstruktion von Druckwasser-Zie maschinen und -Pressen gelang es Lorenz, Geschützhüls von 1 m Länge und 15 cm Dmr. herzustellen, und ein seiner größten Erfolge bestand in der Herstellung ein Mantelgeschosses, bei dem sich im Gegensatz zum Weic bleigeschoß Mantel und Bleikern durch den Schuß nic mehr trennten. Das Geschoß wurde als „Compoun geschoß" in allen Kulturstaaten patentiert. Selbst v Frankreich kam ein verlockendes Angebot, dort ei große Munitionsfabrik einzurichten. Die Verhandlung wurden aber infolge der kriegslustigen Haltung Fran reichs Ende der achtziger Jahre abgebrochen. Nachde noch die Geschäftsverbindungen mit der Türkei u Portugal hinzugekommen waren, entschloß sich Loren als ihm ein günstiges Angebot gemacht wurde, zum Ve kauf der Fabrik.

Aber bald empfand er wieder das Bedürfnis, sich a dem Gebiete der Technik erneut zu betätigen. In Ettli gen, wo er für industrielle Zwecke bereits ein größer Gelände erworben hatte, errichtete er mit musterhaft Anlagen die Maschinenfabrik Lorenz für allgemeinen M schinenbau. Dort wurden nebenher verschiedene fab katorische Versuche durchgeführt. Schließlich wurde d Betrieb hauptsächlich auf den Bau von Räderfr maschinen eingestellt. Nach dem Kriege wurde das Unte nehmen in eine Aktiengesellschaft umgewandelt, die heu noch den Namen Lorenz weiterträgt.

Vollständig aber ist das Bild des arbeitsreichen L bens erst, wenn man daran denkt, daß Lorenz nach de Verkauf seiner Fabrik den größten Teil seines erw benen Vermögens zusammen mit Gottlieb Daimle der damals in ihren Anfängen steckenden Automob industrie zugeführt und auch durch tätige Mitarbeit d Entwicklung der Daimler-Werke gefördert hat. Sowo in dem Jubiläumswerk der Daimler-Werke wie auch einem solchen der Kruppschen Werke ist der Name W helm Lorenz wiederholt genannt. Auch in andrer Wei ist Lorenz von verschiedenen Seiten in Anerkennu seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklu von Technik und Wissenschaft geehrt worden. Gro herzog Friedrich von Baden verlieh ihm den Titel ein Geh. Kommerzienrats und die Hochschulen von Kar ruhe und Heidelberg haben ihn unter die Zahl ihr Ehrendoktoren aufgenommen. Dem Verein deutscher I genieure und seinem Karlsruher Bezirksverein gehör Lorenz vom Jahre 1881 bis zu seinem Tode an. Se Andenken wird stets in Ehren gehalten werden und d jüngeren Generation ein Ansporn sein.

Fast 85jährig ist er im Kreise seiner Familie frie lich dahingegangen. In der Geschichte der Technik d neunzehnten Jahrhunderts wird der Name Wilhelm L renz unter den Pionieren der deutschen Industrie g nannt sein. [P 367] Frey.

Karlsruher Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure

RUNDSCHAU

Bergbau

echste technische Tagung des mitteldeutschen Braunkohlenbergbaues

Die sehr gut besuchte Tagung am 22. und 23. April Plenarsitzungssaal des Vorläufigen Reichswirtschafts-s eröffnete Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Piatscheck t einem kurzen Überblick über die Entwicklung des aunkohlenbergbaues im Jahre 1926. Die Förderung war ht höher als 1925 und zum ersten Male seit mehreren hren auch mengenmäßig geringer als die Steinkohlen-derung, vor allem deshalb, weil diese durch den eng-chen Streik weit stärker belebt wurde als die Braun-lenförderung, bei der erst in den letzten Monaten des ures ein stärkerer Einfluß bemerkbar war.

Durch die Rationalisierungsbestrebungen, die bereits r mehreren Jahren begonnen und auch 1926 eifrig fort-setzt wurden, gelang es, die Leistung für die Schicht im ttel um 6,5 vH gegenüber 1925 zu heben; anderseits er-hte sich aber auch der auf eine Schicht entfallende Lohn-eil so stark, daß der Lohnanteil für 1 t Fördergut sogar as anstieg. Gegenüber 1913 ist die Leistung um 13 vH, Lohn um 53 vH, der Lohnanteil für die Schicht um vH gestiegen. Zu diesen erhöhten Unkosten kommen h die ungeheuren sozialen Abgaben, die zur Zeit 27 vH Gesamtlohnes betragen, und die starke Belastung durch Reichsknappschaftsgesetz. Im allgemeinen ist also die rtschaftliche Lage des Braunkohlenbergbaues sehr ungün-g, zumal auch der Absatz in den letzten Monaten stark rückgegangen ist und die Haldenbestände sich vermehrt ıen. Über die

Wirtschaftlichkeit der Braunkohlen-Staubfeuerung

ach Dr.-Ing. Rosin, Dresden. Er wies zunächst auf großen wärmetechnischen Vorzüge der Staubfeuerung allgemeinen und der Braunkohlen-Staubfeuerung im be-nderen hin, die er auf der vorjährigen Tagung bereits gehend behandelt hatte[1]). Für die Wirtschaftlichkeit sind r nicht nur wärmewirtschaftliche, sondern auch be-rbstechnische Gesichtspunkte maßgebend, außerdem auch Kapitaldienst. Hier ist die Überlegenheit der Braun-hlen-Staubfeuerung gegenüber andern Feuerungen nicht in en Fällen erwiesen. Über Betriebs- und Erhaltungskosten gen bisher genügende Erfahrungen noch nicht vor, da sich meisten Anlagen erst kürzere Zeit im Betrieb befinden. riebstechnisch von Vorteil ist die schnelle Betriebs-eitschaft und die Anpassungsfähigkeit an Belastungs-wankungen. Die Anlagekosten dagegen sind durch die tspielige Aufbereitanlage höher als für Rostfeuerungen, ost wenn man in Betracht zieht, daß wegen der höheren zifischen Leistungen die Kesselabmessungen erheblich iner, die Kessel daher billiger sind. Im Gegensatz zu len Aufbereitanlagen für Steinkohlenstaub sind Trock-ngseinrichtungen wegen des hohen Wassergehaltes der braunkohle stets notwendig.

Eine technisch und wirtschaftlich wichtige Frage ist, l sich Schwelkoks zum Vermahlen eignet. Technisch id noch verschiedene Schwierigkeiten zu überwinden; rtschaftlich ist eine Schwelung mit nachfolgender Ver-hlung aussichtsreich, wenn die Rohkohle mindestens 6 i 7 vH Teergehalt hat.

Nach dem heutigen Stande der Technik kommt Braun-lenstaub als Brennstoff für Brikettfabriken und Kraft-ke nur in begrenztem Umfang in Frage, namentlich für tzenkessel und als Brennstoff für Zusatzfeuerungen. gegen ist für Kessel großer Abmessungen (mehr als 0 m²) und für Brikettfabriken, die mit Kraftwerken uppelt sind, die Staubfeuerung in jedem Falle wirt-aftlich.

Einen großen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit haben h die Frachtverhältnisse. Unterhalb 75 km Frachtweg der Staub der Rohkohle fast stets unterlegen. Der stigste Bereich für Braunkohlenstaub liegt zwischen 75 u. 150 km; von dieser Entfernung ab ist das Braun-lenbrikett dem Staub wirtschaftlich gleichwertig. Vor-setzung für die Verfrachtung ist allerdings die Gestel-g von Sonderwagen und die Schaffung zweckmäßiger le- und Entladevorrichtungen. Auf diesem Gebiet kann muß noch viel geschehen. Der Wettbewerb mit billiger nkohle aus den Steinkohlenbezirken wird für Braunkoh-staub durch die hohen Aufbereitkosten und den teuren derwagendienst schon bei sehr geringen Entfernungen sehr erschwert. Dagegen wird Schwelkoksstaub bei genügendem Teergehalt der Rohkohle auch auf weite Entfernungen wettbewerbfähig sein, wenn es gelingt, die Stauberzeugung wirtschaftlich zu gestalten.

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 960, ferner Rosin, Die Eigenart der Braunkohlenstaubfeuerung, „Archiv für Wärmewirtschaft" Bd. 7 (1926) S. 1 und 313, Z. Bd. 71 (1927) S. 1.

Den zweiten Vortrag hielt Dipl.-Ing. Kaspers, Köln, über

Herstellung und Verwendung von rheinischem Braunkohlenstaub.

Aus den Entstaubungsanlagen der Brikettfabriken werden jährlich 500 000 bis 800 000 t Staub gewonnen, die aber zum größten Teil wieder zur Brikettierung benutzt werden. Erst in letzter Zeit ging man dazu über, auch für Staubfeuerungen Aufbereitanlagen zu schaffen. Die erste auf der Grube Neurath in Betrieb genommene Anlage erzeugt täglich aus Schlammkohle etwa 60 bis 80 t Staub, der nach dem Trocknen ohne weitere Vermahlung brennfähig ist (er hat nur 30 bis 35 vH Rückstand auf dem 4900-Maschensieb). Eine weit größere Anlage auf der Beisselgrube der Rheinischen A.-G. für Braunkohlen- und Brikettfabrikation verarbeitet Rohkohle und erzeugt täglich 150 bis 180 t. Der fertige Staub hat 10 bis 12 vH Wasser, 3 bis 6 vH Asche, 45 bis 48 vH flüchtige Bestandteile und etwa 5000 kcal/kg unteren Heizwert. Er hat sich als Brennstoff in einem Düsseldorfer Spitzenkraftwerk, das monatlich etwa 25 Tage im Betrieb ist, sehr gut bewährt und während neun Monaten Betrieb 80,5 vH mittleren Wirkungsgrad ergeben, einschließlich des ziemlich hohen Brennstoffverbrauchs am Montag morgen für das Anheizen.

Den gasreichen, aber asche- und schwefelarmen rheinischen Braunkohlenstaub verwendet man vor allem in metallurgischen und chemischen Öfen, namentlich wegen der schnellen Anpassungsfähigkeit der Staubfeuerung an wechselnde Verhältnisse und der Möglichkeit, die Temperaturen genau zu regeln. Auch für kleine Schmiedeöfen hat er sich gut bewährt und ist ein billiger, völlig ausreichender Ersatz für die teuern, bisher meist benutzten Ölfeuerungen.

Obering. Frerichs, Halle, behandelte

die Veredlung der Braunkohle zum Brikett und die für die Trocknung zu beachtenden Grundlagen und Einrichtungen.

Im Jahre 1926 wurden etwa 34 Mill. t Preßlinge hergestellt. Da die Rohkohle großenteils 50 bis 60 vH Wasser enthält, das Brikett aber nur etwa 15 vH, so müssen ganz ungeheure Wassermengen in den Trockenanlagen verdampft werden, wozu allein mehr als 1 Mill. m² Heizfläche notwendig sind. Die Trocknung hat daher schon wegen der hohen Anlagekosten für die umfangreichen Anlagen große Bedeutung für die Brikettfabrikation. Dazu kommt noch, daß von der gleichmäßigen und richtigen Trocknung der Rohkohle die Güte der Preßlinge in hohem Maß abhängt. Zu hoher Wassergehalt ist ebenso schädlich wie zu geringer; in beiden Fällen muß man mit vielen Fehlerzeugnissen und geringer Festigkeit der Preßlinge rechnen. Im allgemeinen sind 80 vH aller Fehlerzeugnisse auf ungenügende, ungleichmäßige oder zu starke Trocknung zurückzuführen.

Die dauernde Überwachung des gesamten Brikettiervorganges ist unbedingte Voraussetzung für die Herstellung guter und haltbarer Preßlinge. Leider erfordern die bisherigen Prüfverfahren sehr lange Versuchzeiten, so daß die Fehler in der Herstellung meist erst festgestellt werden, wenn es zu spät ist. Es wäre daher zu begrüßen, wenn die im Gange befindlichen Untersuchungen und Forschungen, die dahin zielen, ein einfaches, schnell durchführbares und für die Praxis geeignetes Prüfverfahren zu entwickeln, von der Industrie weitgehend unterstützt würden.

Einen anschaulichen Überblick über

die Entwicklung der Absetztechnik

gab Dr. Voigt, Welzow N.-L. Merkwürdigerweise hat man erst in den letzten Jahren diesem wichtigen Gebiet des Braunkohlenbergbaues die Beachtung geschenkt, die ihm wegen der hohen Kosten, namentlich für Löhne, zukommt. Bis 1922 verstürzte man die gewonnenen Abraummassen fast allgemein noch von Hand auf kleinen Kippen. Dies erforderte sehr hohe Lohnkosten, großen Platzbedarf und viel Zeit. Dadurch, daß man zwischen Versturzstelle und Böschungskante große Bagger schaltet, kann man weit höhere Kippen anwenden (bis zu 30 m Höhe), da die Abraumwagen weit entfernt von der Böschungskante bleiben und die Gefahr des Rutschens und Verschüttens nicht mehr besteht. Außerdem haben die Abraumförderer, die Ausladungen bis zu 50 m haben und mit Eimern sowie Förderbändern arbeiten, hohe Leistung und ersparen etwa 65 vH an Arbeitskräften gegenüber den Handkippen. Da ander-

seits höhere Betriebs- und Erhaltungskosten entstehen, so betragen die Gesamtersparnisse an Betriebskosten etwa 30 vH. Für die Beschaffung rechnet man bei mittleren Anlagen 100 000 bis 200 000 ℳ, bei sehr großen Anlagen bis zu 500 000 ℳ. Für Großbetriebe kommen u. U. auch Abraumförderbrücken in Betracht, bei deren Anwendung die Lohnkosten noch geringer sind, weil dadurch der ganze Lokomotivbetrieb ausgeschaltet wird.

Der letzte Vortrag über

die Normung im Bergbau unter besonderer Berücksichtigung des Braunkohlen-Bergbaues

wurde von Obering. Hannig, Grube Ilse N.-L., gehalten. Ausgehend von der geschichtlichen Entwicklung der Normung, die 1911 schon eingesetzt habe, aber erst in der Nachkriegzeit in ihrer Bedeutung voll gewürdigt wurde, wies er an der Hand von zahlreichen Lichtbildern den Wert der Normungsarbeiten nach und gab eine Übersicht über den augenblicklichen Stand der Arbeiten, die zum Teil bereits abgeschlossen sind, zum Teil dicht vor dem Abschluß stehen. Auf vielen Gebieten sind aber die Arbeiten erst geplant und haben noch nicht eingesetzt. Die wichtigste und schwerste Aufgabe steht noch bevor: die restlose Einführung in die Praxis. Da aber wohl alle Kreise des Braunkohlen-Bergbaues die Bedeutung der Normung erkannt haben, wird auch diese Aufgabe allmählich gelöst werden. [N 433] E. Praetorius

Elektrotechnik

Nachprüfung von Hochspannungs-Freileitungs-Isolatoren während des Betriebes

Die Aufrechterhaltung einer ungestörten Stromversorgung durch Hochspannungsnetze erfordert in erster Linie eine regelmäßige Überwachung der Isolatoren auf der Strecke, die durch außergewöhnliche mechanische oder elektrische Beanspruchungen, wie z. B. große Eislasten, Stürme, Blitzschläge, Schaltüberspannungen usw., am meisten gefährdet sind. Da bei den hier hauptsächlich verwendeten Ketten-Isolatoren[1]) schon in kleineren Netzen die Zahl der eingebauten Glieder in die Tausende geht, sind Hilfsmittel erforderlich, um beschädigte oder durchgeschlagene Isolatoren schnell und zuverlässig erkennen zu können. Unter diesen ist eine neuartige Meßstange der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. (Hescho) besonders bemerkenswert, bei der erstmalig ein genau ablesbares Meßgerät benutzt wird und nicht, wie z. B. bei amerikanischen Ausführungsformen, von dem auf dem Leitungsmast die Kettenglieder abtastenden Monteur aus dem Geräusch und der Stärke des überspringenden Funkens Rückschlüsse auf den Isolationswiderstand des abgetasteten Isolators zu ziehen sind.

Der leitende Konstruktionsgedanke der Hescho-Meßstange liegt in dem Ersatz des akustischen durch ein optisches Meßverfahren, das eine weit größere Genauigkeit gewährleistet. Hierbei geht man davon aus, daß bei mehrgliedrigen Isolatorenketten trotz der Gleichheit der Kapazitäten auf die einzelnen Glieder zwar verschiedene Spannungsanteile entfallen, daß aber unter gleichen Betriebsbedingungen bei Ketten gleichartiger Zusammensetzung diese Spannungsanteile unveränderlich bleiben[2]). Enthält eine Isolatorenkette durchgeschlage[ne] oder mehr oder weniger kurzgeschlossene Glieder, so m[uß] dieses Verhältnis von dem normalen abweichen. Die M[eß]stange ist daher so durchzubilden, daß sie elektrisch ni[cht] vollwertige Glieder als solche mit zu geringem Spannun[gs]anteil anzeigt.

RZ 464 Z 4

Abb. 1
Hescho-Meßstange mit Meßkästchen und Kopfhörer

Abb. 2. Schaltung der Hescho-Meßstange

RZ 464 Z 6

Abb. 3
Nachprüfung einer Isolatorenkette während des Betriebes

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1187.

[2]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1190.

a) Jsolatoren einwandfrei

Abb. 4
Meßergebnisse bei einer einwandfreien siebengliedrigen Kette aus Kappenisolatoren

b) 4. Jsolator durchgeschlagen

Abb. 5
Meßergebnisse bei einer fehlerhaften siebengliedrigen Kette aus Kappenisolatoren

Dieser Forderung entsprechend besteht die Hescho-Meß-
nge, Abb. 1 und 2, aus einer eine Elektronenröhre ent-
ltenden Stange mit einem metallischen Fühler am oberen
de zum Abtasten der Armaturteile der Isolatoren und
em mit der Stange durch eine mehradrige Litze verbun-
ien Meßkästchen. Von dem Fühler *a* führt eine leitende
rbindung zu einem Kontakt *b*, der durch eine dicke
ischenwand im Porzellanteil der Stange von einem gleich-
igen, über einen hohen ohmischen Widerstand *d* mit der
de verbundenen Kontakt *c* getrennt ist. Beim Berühren
annungsführender Teile wird der durch die beiden Kon-
te gebildete Kondensator von einem Verschiebungsstrom
rchflossen. Dieser erzeugt in *d* einen von dem Potential
r Meßstelle gegen Erde abhängigen Spannungsabfall, der
nerseits die Elektronenröhre durch Beeinflussung des
se durchfließenden Gleichstromes steuert. Die Wirkungs-
ise der Elektronenröhre, die Einstellung der Gittervor-
annung durch den Schiebewiderstand *e* usw. dürfen als
kannt vorausgesetzt werden, da es sich dabei um ähnliche
rgänge wie bei den bekannten Rundfunkgeräten handelt.

Das Meßgerät *f* befindet sich in einem mittels Hals-
mens tragbaren Kästchen, das auch die Regelwiderstände
die Heiz- und Gitterspannung der Röhre sowie die
oden- und Heizspannungsbatterie enthält. Hierbei ist
ch hervorzuheben, daß für alle Elemente normale
ockenbatterien, wie sie für Taschenlampen in Frage kom-
n, benutzt werden.

Zum Nachprüfen der Isolatorenketten auf der Strecke,
b. 3, sind zwei Mann erforderlich, von denen der eine
n Mast besteigt, sich anseilt, die Meßstange hochzieht und
t dem an ihrem unteren Ende herausgeführten Kupfer-
l erdet. Hierauf tastet er, von der Leitungsklemme an-
gend, der Reihe nach die Kappen der einzelnen Glieder
während der am Mastfuß verbliebene, mit dem Meß-
stchen ausgerüstete Mann die Ablesungen vornimmt.

An einer einwandfreien Kette, Abb. 4, sind die Aus-
läge für jedes Glied verschieden, derart, daß sich beim
rühren der Leitungsklemme der größte (volle) Aus-
lag ergibt und die Ausschläge um so kleiner werden, je
er die Isolatoren an den geerdeten Aufhängepunkt der
te heranrücken; für diesen selbst ist der Ausschlag
l. Zeigt sich beim Berühren der Armaturteile von zwei
r mehreren aufeinander folgenden Isolatoren der gleiche
sschlag am Meßgerät, Abb. 5, Isolator 3 und 4, so sind die
ischen den Meßpunkten liegenden Glieder durchgeschla-
n. Die als fehlerhaft erkannten Glieder werden nach dem
tasten mit einem an der Meßstange befindlichen Farb-
sel gekennzeichnet, so daß sie bei einer späteren Aus-
chslung sofort herauszufinden sind.

Da die Schaltung des Meßkreises einer normalen Rund-
k-Empfangseinrichtung entspricht, können mit der Stange
be Isolatorenfehler, die bereits Funkenübergänge ver-
achen, auch ohne Besteigen der Maste ermittelt werden.
rzu wird an das Meßkästchen ein Doppelkopfhörer an-
chaltet, der den normalen 50-Perioden-Ton der Leitung
ebenso auch anormale Netzgeräusche infolge von
kenübergängen schon auf weite Entfernungen wahr-
men läßt. Da sich das Störungsgeräusch mit der An-
erung an die Fehlerstelle verstärkt, können die Maste,
denen sich die fehlerhaften Isolatorenketten befinden,
die fehlerhaften Isolatoren selbst, schnell gefunden
den.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die in
r Teile aus Hartpapier und einen Porzellanteil zerleg-
e Meßstange bei 3,6 m Länge nur 7 kg wiegt und daher
dem Mast leicht zu handhaben ist, zumal wenn man den
ihrem Griff vorgesehenen Schulterriemen während der
ssungen benutzt. [M 464] Wa.

Keramische Industrie

Wirtschaftlichkeit verschiedener Verfahren beim Brennen von Stuckgips

Der Gipsstein liefert je nach der Art seiner Verarbeitung drei für die Wirtschaft höchst wichtige Stoffe, den Stuck-, Modell- und Estrichgips. Bei der Herstellung von Stuck- und Modellgips wird ein Teil des im Rohgips enthaltenen Kristallwassers ausgetrieben, und zwar bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen. Der so gebrannte Gips bindet schnell, d. h. er erhärtet nach dem Anrühren in etwa 10 bis 25 min. Wird der Gipsstein während seiner Brennzeit mit zu hohen Temperaturen behandelt, so ist er tot gebrannt und ohne weiteres nicht mehr nutzbar, erst nach einer weiteren Kalzination auf Temperaturen von 870 ° bis 970 °C wird er wieder für die Wirtschaft brauchbar, und zwar in Form des langsam bindenden Estrich- oder Baugipses.

Im Folgenden soll die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung des S t u c k g i p s e s näher beleuchtet werden, und zwar soll die am meisten verbreitete Form der Verarbeitung, das Kochverfahren, der neueren, höchst wirtschaftlichen Form, dem Drehofenverfahren, gegenübergestellt werden. Der Kampf zwischen Kochverfahren und Drehofenverarbeitung ist sehr alt, er dürfte aber jetzt, nachdem seit mehreren Jahren Drehöfen in vielen Fabriken auf dem Festland praktisch erprobt sind, zugunsten des Drehofens entschieden sein.

Die Hauptmerkmale der Herstellung von Stuckgips nach dem Kochverfahren sind folgende:

Der aus dem Bruch zur Fabrik beförderte Rohgips wird zunächst vorzerkleinert und sodann in einer Mühle staubfein vermahlen. Hierbei ist ein außerordentlich hoher Kraftaufwand erforderlich und die dazu benutzten Mühlen oder Mahlgänge unterliegen einem sehr hohen Verschleiß. Der große Kraftverbrauch ist natürlich in der Hauptsache auf den Widerstand des im Rohgips enthaltenen Kristallwassers und des anhaftenden Oberflächenwassers zurückzuführen.

Bis zu dieser Stelle geht die Verarbeitung ohne Unterbrechung fort. Das eigentliche Brennen oder Kochen ist ein mit viel Handarbeit verknüpfter, absatzweise verlaufender Vorgang.

Der vermahlene Rohgips wird in Kochkesseln, die mit Rührwerken ausgerüstet sind, gebrannt. Die Heizgase eines Kohlenfeuers gehen über das Eisen des Kochkessels auf das Brenngut über. Während der ganzen Brenndauer wird die Kochkesselfüllung durch das Rührwerk in ständiger Bewegung gehalten. Hat der Gips eine genügend hohe Temperatur erreicht, so tritt ein regelrechtes Brodeln ein, wie es sich z. B. auch beim Aufkochen von Milch zeigt. Dieser Vorgang wird unter Beaufsichtigung hochwertiger und teuer bezahlter Arbeitskräfte so lange durchgeführt, bis der Wassergehalt des aufgegebenen Gipses auf etwa 3 bis 4 vH Gewichtsteile herabgesetzt ist. Dann wird der Kessel geleert, was wieder Handarbeit in Anspruch nimmt.

Unproduktiv sind hierbei natürlich die Füll- und Entleerungszeiten, die wegen der hohen Löhne für die Facharbeiter, aber auch wegen der damit verbundenen Wärmeverluste besonders stark ins Gewicht fallen. Außerdem ergibt der unmittelbare Wärmeübergang von den Heizgasen auf den Gips, der weiter unten beschrieben wird, natürlich wesentlich günstigere Kohlenverbrauchzahlen als die oben erwähnte mittelbare Wärmeübertragung.

Neben der reinen Wirtschaftlichkeit muß aber gerade bei der Herstellung von Stuckgips auch die Betriebsicherheit und die Güte des Erzeugnisses in Betracht gezogen werden.

Wie bereits erwähnt, ist Gips, der entweder zu hoch erhitzt oder der zu stark ausgetrocknet wurde, totgebrannt

Abb. 6
Gips-Brenntrommel, Bauart Büttner

und nicht mehr bindefähig. Bei der Herstellung muß also peinlichst darauf geachtet werden, daß das gesamte aufgegebene Gut gleichmäßig gebrannt wird. Bei den Kochern ist man also in hohem Maße von der Tüchtigkeit der Arbeiter abhängig, und die Betriebsicherheit sowie die Güte des Erzeugnisses hängt von der Aufmerksamkeit der Bedienungspersonen ab. Es ist an den Kochern keine Einrichtung geschaffen, die selbsttätig läuft und ständig ein gleichmäßig gebranntes Erzeugnis liefert; denn selbst bei dem vollkommensten Rührwerk wird es immer vorkommen, daß Gipsteilchen, die häufig mit der heißen Kocherwand in Berührung kommen, bereits totgebrannt sind, während andre Teilchen im Innern der aufgegebenen Gipsmasse noch zu viel Wasser enthalten.

Aus den vorgenannten Nachteilen ergeben sich schon die Bedingungen, die man an eine wirtschaftlich arbeitende Anlage zu stellen hat. Die Büttner-Werke, A.-G., Uerdingen, haben solche Anlage, Abb. 6, geschaffen.

Der Büttnersche Drehofen hat einen Einbau, Abb. 7. Er besteht aus kreuzförmigen Verteilblechen, die parallel zur Achse des Drehofens eingesetzt sind. Beim Umlaufen des Ofens wird das gesamte aufgegebene Gut gleichmäßig über den ganzen Trommelquerschnitt verteilt. Bei einer einzigen Ofenumdrehung findet ein völliger Ausgleich zwischen den einzelnen Zellen derart statt, daß übervolle Zellen ihr Gut an weniger gefüllte abgeben.

Abb. 7
Querschnitt durch die Brenntrommel des Büttner-Ofens

Selbst dann geht der Ausgleich vor sich, wenn sich fällig der aufgegebene Rohgips an einer Stelle kurz na der Aufgabe angesammelt haben sollte.

Die Betriebsweise ist folgende: Der bis auf et Haselnußgröße vorzerkleinerte Rohgips wird durch ei gesteuerte Füllschnecke dem Drehofen aufgegeben, den im Gleichstrom mit den in einer Feuerung erzeugt Heizgasen durchwandert. Die Ausgangstemperatur Gase liegt nur wenig über der eigentlichen Brenntempe tur des Gipses, so daß die unvermeidlichen Abgasverlu auf einen Mindestwert heruntergeschraubt werden. D gebrannte Gut wird unter dem Ausfallgehäuse durch eignete Förderelemente aufgenommen und abgeführt, wä rend der mit den Abgasen mitgeführte Gipsstaub in ei geeigneten Entstaubungseinrichtung abgefangen wird. D Staub ist ohne weitere Vermahlung sofort verwendung fähig.

Der Gips wird innerhalb der Trommel fast ausschlie lich durch den Ventilatorzug befördert, und dies ist ei der Hauptvorteile dieses Drehofens. Hierdurch wird möglich, Rohgips von ungleichmäßiger Korngröße völ gleichmäßig zu bekommen. Das erklärt sich wie fol Der Grad der Austrocknung und der Grad des Brenn sind abhängig von der Zeit, während der das einzelne Gi teilchen in der Drehtrommel verbleibt. Grobe Stüc werden naturgemäß nicht so schnell durch den Ventilat zug durch die Trommel geführt wie feine. Dadurch wi also selbsttätig die Brennzeit für die Gipsteilchen e sprechend ihrer Korngröße genau abgestuft.

Die Gleichmäßigkeit des Brennens ist also bei d Büttner-Ofen gewährleistet einmal durch die selbsttäti Verteilung über den ganzen Trommelquerschnitt und zw tens durch die selbsttätige Regelung der Brennzeiten Gipsstücke von verschiedener Korngröße.

Durch die Tatsache, daß der Drehofen Rohgips zu etwa Walnußgröße verarbeiten kann, ist auch soglei der Mißstand des zu hohen Mahlwiderstandes behoben. die Stelle des früheren Vermahlens des Rohgipses tritt einfaches Vorbrechen, während die Feinvermahlung nach dem Brennen unter ganz erheblicher Kraftersparn vor sich geht. Jede Mühlenbauanstalt wird die Tatsa bestätigen, daß ein nahezu ganz ausgetrockneter St weit weniger Kraftaufwand beim Vermahlen beanspru als das gleiche Gut mit hohem Wassergehalt. Der Drehof arbeitet außerdem ununterbrochen, die Kosten für Fü und Entleerzeiten fallen also ganz fort.

Die größte Ersparnis gegenüber dem Kocherbetri wird aber durch die unmittelbare Wärmeübertragung zielt. Beim Drehofen liegen die Verhältnisse tatsächli noch günstiger als z. B. bei einem Dampfkessel; denn

der Feuerung erzeugten Heizgase kommen in unmittel- Berührung mit dem Rohgips, also mit dem zu ver- pfenden Wasser. Hierbei spielt natürlich die ver- lende Wirkung des Kreuzeinbaues wieder eine maß- ende Rolle; denn durch die Verteilung des Gutes über n ganzen Trommelquerschnitt wird dem Heizgasstrom denkbar größte Angriffsfläche geboten.

Außerdem findet bei jeder Trommelumdrehung ein rmaliges Wenden und freies Abrieseln des Gipses statt. ährend des freien Falles von einem Verteilkreuz n andern ist aber jedes Gipskörnchen an seiner ganzen erfläche von den Heizgasen umspült, so daß der Wärme- stausch denkbar stark erleichtert ist. Dieser Vorteil rd durch kein andres Verfahren in so hohem Maß er- lt. Die Kohlenersparnisse beim Büttner-Drehofen be- gen etwa 30 vH. Sie allein genügen schon, um die An- ekosten einer solchen Drehofenanlage in recht kurzer t zu bezahlen.

Eine solche Anlage kann schon nach ganz kurzer Zeit ch einfache Arbeitskräfte beaufsichtigt werden, da sie lkommen selbsttätig arbeitet. [M 1902]

Uerdingen a. Rh. Dir. B. Sägebarth

Dampfkraft

Wirtschaftlichkeit des Hochdruck-Dampfbetriebes

In den letzten Jahren hat man vielfach die Ansicht nört, daß von einer gewissen Grenze ab, die nach dem ntigen Stande der Technik etwa bei 30 bis 40 at abs liege, i Drucksteigerung nicht mehr wirtschaftlich sei, weil die Brennstoffersparnisse nur wenig, die Kapitalkosten dagegen stark zunehmen. Auch in dem Aufsatz von Praetorius, Z. Bd. 71 (1927) S. 189, findet sich eine dahingehende Bemerkung. Das gibt mir Veranlassung, auf die neuesten amerikanischen Erfahrungen über die Anlage- und Betriebskosten von Hochdruck-Dampfkraftwerken hinzuweisen. Die Mehrkosten für die Gesamtanlage betragen nach den Ergebnissen bei den beiden amerikanischen Hochdruck-Dampfbetrieben in Boston und Milwaukee sowie nach meinen eigenen Untersuchungen, die auf Grund wirklicher Angebote durchgeführt worden sind, bei einer Drucksteigerung von 35 auf 100 at abs nur etwa 7 bis 8 vH auf das abgebbare kW bezogen; hierbei sind alle Mehrkosten, auch für Zwischenüberhitzung (mit Dampf), berücksichtigt. Diesen Mehrkosten stehen bei großen Anlagen 12 bis 15 vH Brennstoffersparnisse gegenüber infolge der Vergrößerung des Wärmegefälles, der Verminderung des Wärmeinhaltes des Frischdampfes sowie des Gewinnes aus Regenerativvorwärmung und Zwischenüberhitzung. Hieraus geht hervor, daß die verhältnismäßig geringen Mehrkosten in fast allen Fällen durch die bedeutenden Brennstoffersparnisse reichlich aufgehoben werden. Selbst bei 2000 h Benutzungsdauer ist eine Anlage mit 100 at abs Betriebsdruck meist noch wirtschaftlicher als eine 35 at-Anlage. Nur bei Braunkohlenkraftwerken mit geringem Ausnutzungsgrad ist vorläufig ein Übergang auf sehr hohe Drücke nicht wirtschaftlich; es ist jedoch wahrscheinlich, daß mit der allgemeinen Anwendung der hohen Drücke die Mehrpreise, die mit Erstaufführungen stets verknüpft sind, noch heruntergehen. [N 376]

Mannheim Dr. Marguerre

Kleine Mitteilungen

Betriebserfahrungen an einer Hochdruckdampfanlage

Im Crawford Avenue Kraftwerk sind zunächst vier ssel mit je 1560 m² wasserberührter Heizfläche, 288 m² rhitzer-, 688 m² Vorwärmer- und 1480 m² Lufterhitzer- zfläche in Betrieb; drei dieser Kessel haben Zwischen- rhitzung. Der Betriebsdruck beträgt 39 at, die Frisch- npftemperatur rd. 350 ° bis 380 °. Demgegenüber hat die z vorher in Betrieb genommene Calumet-Kraftanlage at und rd. 330 °. Die Brennstoffersparnisse durch die uckerhöhung von 20 auf 39 at Überdruck betrugen nach nauen Untersuchungen etwa 5 vH, durch die Temperatur- öhung rd. 2,5 vH. Weitere 2,5 vH Ersparnis wurden ch Vervollkommnung des Regenerativverfahrens erzielt. onders bemerkenswert ist, daß auch die Anlagekosten, 1 kW bezogen, kaum höher waren, bei dem Kessel ohne ischenüberhitzung sogar erheblich geringer als beim umet-Kraftwerk; sie betrugen 427 ℳ/kW für Kessel, rbodynamo und Gebäude beim Calumet-Kraftwerk, ℳ/kW für den ersten Teil, 362 ℳ/kW für den neuesten l des Crawford-Kraftwerkes. Die Betriebserfahrungen ren in jeder Hinsicht befriedigend, vor allem mit den ssergekühlten Feuerraumwandungen und den Zwischen- rhitzern. Die neuesten Erfahrungen haben allerdings eigt, daß die Zwischenüberhitzung durch Frischdampf nittelbar an der Turbine trotz geringerer Brennstoff- parnisse wirtschaftlicher ist als die Zwischenüberhitzung Kessel, die weit höhere Anlagekosten verursacht. Die neste, zur Zeit im Bau befindliche Anlage erhält daher schdampf-Zwischenüberhitzung. („The Engineer“ 10. Juni 7 S. 635) [N 568 a] Pt.

gnetische Untersuchung von Turbinenradscheiben

Die General Electric Co. untersucht die Schmiedestücke Turbinenradscheiben nach inneren Fehlern auf Grund er magnetischen Eigenschaften. Eine Maschine dreht die eiben langsam zwischen zwei Polen eines gleichbleibend egten Elektromagneten; ein weiterer Magnet, dessen ite mit einem selbstschreibenden Meßgerät verbunden ist, t zum Aufzeichnen von Änderungen des Magnetflusses, durch Veränderungen innerhalb der Radscheibe hervor- ufen werden. Die Scheibe wird in Kreisen verschiedenen lbmessers untersucht; das Meßgerät zeichnet entsprechende ise auf ein Schaubild. Fehler in der Turbinenscheibe ßern sich als Unstetigkeiten in den Kreisen des Schau- les. Zwei zu einander senkrechte Durchmesser mit Buch- benbezeichnungen, die auf die Turbinenscheibe und auf Schaubild gezeichnet werden, lassen die Lage der Stö- gsquellen erkennen. Eine Scheibe mit Störungen im netfluß wurde durchgeschnitten; sie hatte Schlacken- schlüsse, die äußerlich nicht sichtbar waren, die aber zu ßen Schäden hätten führen können. („Power“ 31. Mai 7 S. 825) [N 568 b] Pa.

Neue Groß-Turbodynamo

Die Commonwealth Edison Co., Chikago, hat bei der Westinghouse Electric & Mfg. Co. eine 100 000 kW-Turbodynamo bestellt, die zum Ausbau des Kraftwerks Crawford Avenue bestimmt ist. Die neue Gruppe soll drei Gehäuse in zweiachsiger Anordnung erhalten, wobei die Hochdruckturbine auf der einen Seite 45 000 kW leistet, während die miteinander gekuppelten Turbinen für Mittel- und für Niederdruck einen 55 000 kW-Stromerzeuger antreiben sollen. Beide Seiten sollen mit 1800 Uml./min laufen. Der Dampf wird mit 38,5 at Überdruck und 385 °C zugeführt und zwischen Hochdruck- und Mitteldruckturbine mit Hilfe von Frischdampf auf 260 ° überhitzt. Bemerkenswert ist die Ableitung des zu kondensierenden Dampfes in drei Strömen, von denen zwei aus dem Niederdruckgehäuse kommen, während der dritte aus dem Gehäuse der Mitteldruckturbine austritt. Die Mitteldruckturbine ist zu diesem Zweck auf einer Seite mit so vielen Schaufelreihen versehen, daß der Dampf bis auf den Kondensatordruck expandiert, während die andere Seite den Dampf ins Niederdruckgehäuse abgibt. Die Kondensatoren werden stehend angeordnet und so eingerichtet, daß man sie durch Umkehr des Wasserstromes schnell reinigen kann. („Power“ 31. Mai 1927 S. 832/33*) [N 568 c] H.

Pump-Speicherkraftwerk Hengstey

Am Kleff bei Hengstey an der Ruhr wird ein Hochspeicherbecken mit einem Fassungsvermögen von rd. 1,3 Mill. m³ vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk errichtet. Das Krafthaus im Ruhrtal bei Hengstey wird vier Maschinensätze enthalten. Davon bestehen drei aus Turbine, Pumpe und Dynamomaschine, während der vierte Satz zunächst ohne Pumpe aufgestellt wird. In den Zeiten schwacher Netzbelastung werden die Pumpen von der Dynamomaschine als Motor angetrieben, um Wasser aus der Ruhr in den Hochbehälter zu heben; in den Zeiten starker Netzbelastung wird dann das im Hochbehälter befindliche Wasser zum Antrieb der Turbinen und die Dynamomaschine nunmehr zur Stromerzeugung verwendet.

Die vier Spiralturbinen mit liegender Welle erhalten je 48 500 PS Höchstleistung und werden damit die stärksten Turbinen Deutschlands. Sie erreichen diese Höchstleistung bei 163 m Gefälle, während sie bei dem Normalgefälle von 155 m noch 45 000 PS leisten. Die Turbinen und die übrige Ausrüstung der Kraftanlage werden von der Maschinenfabrik J. M. Voith, Heidenheim a. Brenz, geliefert, die Pumpen in Gemeinschaft mit der Firma Gebrüder Sulzer, A.-G., Ludwigshafen und Winterthur.

Die drei Speicherpumpen werden für 166 m größte Förderhöhe bei 12 m³/s Förderleistung gebaut. Dabei beträgt die Motorleistung 32 500 PS. Diese Leistung steigt bis auf 34 000 PS bei 149 m Förderhöhe und 13,6 m³/s Förderleistung. [568 d]

Pump-Speicherkraftwerk Niederwartha bei Dresden

Bei jedem Maschinensatz dieser Anlage[1]) ist die liegende Francisturbine mit der elektrischen Maschine starr gekuppelt, die Pumpe jedoch im Betrieb abschaltbar. Dadurch ist eine stete Betriebsbereitschaft erreicht, die bei einer Störung im Dampfkraftwerk nur die Umschaltung der Rohrleitungen erfordert. Beim Speichern wird das Wasser mittels Druckluft aus dem Turbinengehäuse entfernt und das sich durch Luftreibung erwärmende Laufrad mit Spritzwasser gekühlt.

Die Turbinen leisten bei 375 Uml./min, 142 m Gefäll und 18,5 m^3/s Schluckfähigkeit 30 000 PS. Für 132 und 122 m Gefäll betragen diese Werte 17,5 m^3/s, 27 000 PS und 16,8 m^3/s, 23 800 PS. Die zweistufigen Pumpen fördern 11,7 m^3/s bei 138 m, 10,5 m^3/s bei 148 m und 9,9 m^3/s bei 152 m Druckhöhe. Dabei beträgt die Motorleistung 26 600 PS, 25 000 PS und 24 500 PS. Der Motor hat 27 500 PS Höchstleistung; ferner leisten die vier Turboerregersätze bei 1200 Uml./min. je 387 PS und die Hausturbine bei 1000 Uml./min 834 PS.

Die Fördergeschwindigkeit in den beiden an je zwei Maschinensätze angeschlossenen Rohrleitungen beträgt 4,9 m/s; falls die Wassergeschwindigkeit unter 2 m/s sinkt, werden die drehbaren Leitschaufeln der Pumpen selbsttätig geschlossen. Die Druckleitung ist 1500 m lang bei 3000 mm l. W. Die hydraulisch gesteuerten Kugelschieber haben 2800 mm Dmr.

Der Auftrag für das Speicherwerk Niederwartha ist der Firma Escher, Wyss & Cie., Ravensburg, als Generalunternehmerin nach ihren Entwürfen erteilt. Sie liefert außer zwei Maschinensätzen die gesamte Regelung, die Verteilleitung und die Baupläne für Rohrleitung und Einrichtung des Wasserschlosses, während die Lieferung der beiden anderen Maschinensätze, wie erwähnt, J. M. Voith und Gebr. Sulzer übertragen ist.

[N 568 e] Ls.

Frachtdampfer mit Selbstlöscheinrichtung

Verschiedene Schiffe mit Selbstlöscheinrichtungen für Kohlen-, Sand-, Kies- oder Erzladung sind neuerdings auf den großen Seen in Nordamerika in den Dienst gestellt worden. Sie haben eine Tragfähigkeit von 2000 bis 60[…] Die Höchstleistung beträgt 400 bis 1000 t/h. Vier di[…] Schiffe können sich außerdem mit Sand oder Kies mit[…] Schleuderpumpen selbst beladen.

Gelöscht wird bei allen Schiffen durch zwei unter […] Räumen befindliche Tunnel, die durch mehrere mit[…] Klappen absperrbare Öffnungen mit den Laderäumen in V[…] bindung stehen. Je eine Winde zieht mit einem Kra[…] mit Rücken- und Seitenwand die in den Tunnel falle[…] Ladung heraus und stürzt sie auf das im Vorschiff zum D[…] führende Förderband. Zu diesem Zweck ist am Tunnel e[…] ansteigende Rinne, die sich über das Förderband erh[…] angeschlossen. Der Kratzer wird an der Tunneldecke […] lang zurückgezogen. Auf Deck befindet sich ein zwe[…] ausschwenkbares Förderband, das die Ladung vom ers[…] Band übernimmt und in Leichter oder auf den Kai lös[…]

Bemerkenswert ist, daß durch Wahl eines Kratzers […] Stelle eines Gurtförderers in den Löschtunneln numm[…] bei den Schotten die Tunnel durch wasserdichte Türen […] schlossen werden können, außerdem ist der Raumbedarf […] Kratzern von 15 vH des Laderauminhaltes kleiner. Du[…] diese Löscheinrichtungen sind die Schiffe unabhängig […] den Hafenausrüstungen; sie brauchen nicht zu warten […] können auch in kleinen Häfen, die nicht genügend a[…] gerüstet sind, auf den Kai, in Bahnwagen oder in Sch[…] löschen. („Engineering" 10. Juni 1927 S. 695 *).

[N 368 g] L[…]

Die Hochspannungslinien in Frankrei[…]

Vom französischen Ministerium der öffentlichen […] beiten ist eine Karte der elektrischen Hochspannun[…] leitungen in Frankreich für mehr als 60 kV herausgege[…] worden. Die Karte entspricht dem Bauzustand […] 1. Januar 1927; die geplanten Erweiterungen, deren […] nehmigung erteilt oder nachgesucht worden ist, sind […] strichelt eingezeichnet. Man unterscheidet zwei große […] biete, wo die Wasserkräfte vorherrschen (Mittel- und S[…] ostfrankreich sowie Südwest), ein Gebiet, wo ausschließ[…] Wärmekraft verwendet wird (Nord) und drei Gebiete […] gemischtem Betrieb (Ost, Nordwest und mittlerer Weste[…] Einige Linien im Gebiete Südost haben Drehstrom […] 25 Per./s, alle übrigen 50 Per./s. Die meisten 60 kV-L[…] tungen um Paris und einige Strecken der Linie Vill[…] de Bozel–Lyon sind als Kabel verlegt; die übrigen L[…] tungsstrecken in der Karte sind Freileitungen.

[N 568 h] P[…]

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 837

BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, können durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Neue Wilhelmstr. 4, bezogen werden. (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 3501)

Der Talsperrenbau. Von P. Ziegler. 3. Aufl. 2. Bd. Berlin 1927, Wilhelm Ernst & Sohn. 302 S. m. 215 Abb. Preis 32 *M*.

Gegenüber der 1900 als erstes deutsches Werk über Talsperren herausgekommenen ersten Auflage des Buches hat sich der Umfang recht stattlich vergrößert. Umfaßte damals die Arbeit einen Teil: Vorarbeiten, Bau, Betrieb und Berechnung der Talsperren, und einen zweiten Teil: Beschreibung ausgeführter Talsperren, in einem Bande von 147 Seiten, so bildet jetzt in der dritten neubearbeiteten Auflage die Berechnung massiver Talsperren einen Band für sich. Als Grundlage der vorliegenden Arbeit ist ausdrücklich die Untersuchung aller Zerstörungserscheinungen an Sperrmauern, von der Durchbiegung und Rißbildung bis zum Einsturz, angegeben. In den einzelnen Abschnitten sind die Berechnung der Schwerkraftmauer, der Gewölbesperren, der Talsperren aus Eisen und der Pfeilersperren behandelt worden. Besonders sind auch die älteren Rechnungsverfahren mitberücksichtigt neben ganz neuen, die durch Versuche und Erfahrung noch nicht bestätigt sind. Verfasser will durch diese Darstellung der geschichtlichen Entwicklung der rechnerischen Untersuchungen eine zutreffende Bewertung der verschiedenen Rechnungsverfahren erreichen und zur Aufsuchung neuer Verfahren anregen. Besonders wurden die Fehlerquellen der verschiedenen Rechnungsverfahren berücksichtigt.

Die Hauptergebnisse der Arbeit sind in dem Vorwort übersichtlich zusammengestellt, wodurch das Studium der verdienstvollen Arbeit und die vergleichende Beurteilung des Stoffes außerordentlich erleichtert wird. Wenn man auch nicht in allen Folgerungen die Meinung des Verfassers teilt, so bietet das Buch doch jedem sich mit dem Talsperrenbau befassenden Ingenieur eine Fülle wertvoller Anregungen, die das Studium durchaus empfehlenswert machen. [E 343] Bu.

Einige Prinzipien der theoretischen mechanischen Te[…]nologie der Metalle. Von A. Rejtö. Berlin 1927, Sell[…] verlag des Verfassers. (VDI-Verlag.) 501 S. m. 232 A[…] Preis 32 *M*.

Rejtö stellt sich eine sehr schwierige Aufgabe, w[…] er die mechanische Technologie der Metalle aus ihrem […] sprung, eben aus dem Verhalten der Moleküle, herzulei[…] unternimmt. Immerhin hat solch ein Verfahren einen […] wissen Wert, ganz gleich, wie man selbst über die e[…] zelnen Hypothesen hinsichtlich der Form der Moleküle […] verschiedenen Zuständen, ihre Bewegungen und räumli[…] Anordnung denkt.

Zu bemerken ist, daß die theoretische Behandlung […] Prinzipien im vorliegenden Werk einen verhältnismä[…] geringen Raum gegenüber dem praktischen Teil einnim[…] in dem ein guter Überblick über die Stoffkunde, näml[…] die Metallkunde (Legierungen der technisch wichtigen M[…] talle), Festigkeitslehre, Metallbearbeitung und -prüfung […] geben wird.

Besonders die Metallkunde ist ein Gebiet, das heute […] voller Entwicklung steht; eine leichtverständliche Einfü[…] rung, die von den Grundlagen ausgeht und vor allem a[…] die praktische Seite ausreichend behandelt, ist daher […] Rücksicht auf viele Ingenieure zu begrüßen, die mit Z[…] standsbildern in ihrer Praxis viel zu tun haben.

[E 364] W. S[…]

Der neuzeitliche Aufzug mit Treibscheibenantrieb. V[…] F. Hymans und A. V. Hellborn. Berlin 19[…] Julius Springer. 156 S. m. 107 Abb. Preis 15,90 *M*.

Das wesentliche Merkmal der Aufzüge mit Tre[…]scheibenantrieb ist, daß die Kraftübertragung vom Antrie[…]mittel auf die Kabine in dem Augenblick aufhört, wo die a[…]wärtsfahrende Kabine oder das Gegengewicht auf ein Hind[…]nis (Puffer) stößt, so daß der Reibungsschluß zwisch[…]

ibscheibe und Aufzugseil aufhört. Zwischen der Kabine w. dem Gegengewicht und dem Antriebmotor besteht hier keine starre Verbindung wie bei den Trommelaufzügen, dern Kabine und Gegengewicht sind durch Seile über Treibscheibe verbunden und die Kraft wird von der ibscheibe auf den Fahrkorb durch die zwischen Treibeibe und Seil auftretende Reibung übertragen. Die Verfasser haben genaue mathematische Berechnungen gestellt über die Spannungsverteilung in den Seilen über Treibscheibe, die Seilschleichung, den Spannungsunterschied in den Seilen, den Flächendruck und die Reibungs- zwischen Seil und Rille. Sie entwickeln ferner Theoi über Feder- und Ölpuffer-Vorrichtungen als wesentle Bestandteile der Treibscheibenaufzüge und geben ließlich Anhaltpunkte und Richtlinien für die Normung solchen Aufzügen bekannt, die sich hauptsächlich mit Antriebmotoren, den Seilen und den Scheiben zu been hat.

Das Buch gibt dem Ingenieur, der sich auf diesem veratnismäßig jungen Gebiete der Aufzugtechnik betätigt, ein tvolles Hilfsmittel in die Hand, durch das er sich über besonderen Gesichtspunkte beim Bau und Betrieb der ibscheibenaufzüge unterrichten kann.
E 455] Isermann

ybdän. Von Ernst Pokorny. Halle a. d. S. 1927, Vilhelm Knapp. 297 S. m. 52 Abb. Preis 25,70 ℳ.

Das Molybdän hat während des Krieges und in der hkriegzeit sehr große Bedeutung für die Technik ergt. Einen geschlossenen Überblick über die ganzen gen des Vorkommens, der Gewinnung, Eigenschaften der Verarbeitung dieses Metalles gibt derVerer im vorliegenden Band 11 der „Monographien über misch-technische Fabrikationsverfahren“. Für den Inieur von besonderem Wert sind die Abschnitte über ybdänlegierungen und die Verwendung des Molybdäns der Stahl- und Metallindustrie, chemischen und elektromischen Industrie. Mit Vorteil kann der Leser des hes auch eine Sammlung von Patentansprüchen durcheiten, die auf dieses Metall Bezug haben. Die statistischen wirtschaftlichen Angaben ermöglichen einen guten blick über die Stellung des Molybdäns in der Bewirtaftung der Rohstoffe. Zahlreiche Literaturhinweise geten dem Leser, Sonderfragen eingehend zu studieren. die Praxis wichtig sind auch die Hinweise auf die riebe, zu deren Arbeitsplan das Molybdän gehört.
E 309] Wolf

riften aus Theorie und Praxis der Schmelzschweißung **ie Gußeisen-Schmelzschweißung.** Von Hans A. Horn. lamburg 1927, Hanseatische Verlagsanstalt. 94 S. m. 0 Abb. Preis 3,50 ℳ.

riften aus Theorie und Praxis der Schmelzschweißung. **ie Eisenblech-Schmelzschweißung.** Von Hans A. Horn. lamburg 1927, Hanseatische Verlagsanstalt. 88 S. m. 4 Abb. Preis 3 ℳ.

Zwei kleine Bücher für die Praxis. Der Verfasser reibt für den ausübenden Schweißer, er gibt an der Hand lreicher Abbildungen geschweißter Gegenstände aus eisen und Eisenblech die verschiedenen Hilfsmittel und ge an, die zu einem erfolgreichen Arbeitsergebnis führen. m Schweißen von Gußeisen sind die Ausführungen über jeweils geeignetste Schweißverfahren sehr dankenswert. senschaftliche Abhandlungen sind dem Charakter der hlein entsprechend vermieden, auch wurde die Einrichg der Schweißanlage und ihre Bedienung als bekannt ausgesetzt.

Wenn es sich beim Gußeisenschweißen hauptsächlich Instandsetzungsarbeiten handelt, so überwiegt beim hschweißen die Neufertigung von Erzeugnissen. Hierspielt der Vergleich der Kosten beim Schweißen, Nieten, en usw. eine Rolle. Zahlenwerte hierüber enthält das hlein aber nicht. Es ist dankenswert, daß der Verfasser neueren einheitlichen Bezeichnungen anwendet, insbedere Gasschmelzschweißung. Die Abbildungen sind nicht ner sehr deutlich, „Wirkung der Wärmewirkung“ ist as reichlich. [E 363] Adrian

Approach towards a system of imperial air communications. Memorandum by the Secretary of State for air, id before the Imperial Conference 1926, together with e Report of the Imperial Air Communication. Special ub-Committee. London 1926, H. M. Stationary Office. 7 S. m. vielen Karten. Preis 6 sh.

Das Buch enthält den Wortlaut des Memorandums, das englische Staatssekretär für das Luftfahrwesen der tischen Reichskonferenz 1926 vorgelegt hat und dem noch Bericht des Unterausschusses für das Luftverkehrswesen britischen Imperium beigefügt ist. Die Aussprache, die als auf der genannten Konferenz über die Entwicklung der zivilen Luftfahrt stattfand, erregte so großes Interesse, daß mehrfach die Ansicht geäußert wurde, diese Denkschrift der breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, was mit der Drucklegung dieses Buches auch geschehen ist.

Dieses Werk gibt ein Bild von dem Anwachsen des Luftverkehrs in dem Zeitraum von 1920 bis 1926, geht auf die Verbesserungen der Verkehrsflugzeuge und der Bodenorganisationen ein, weist hin auf die zunehmende Regelmäßigkeit und Verkehrsicherheit, sowie auf die Bedeutung des Luftfahrzeuges als Verkehrsmittel zwischen den Dominions. Der Fortschritt in der Richtung auf Schaffung eines Luftverkehrnetzes für das gesamte Imperium wird erwähnt und auf die kommende Entwicklung hingewiesen.

Von den sechs Anhängen enthalten die ersten drei die Entwicklung des Luftverkehrs der hauptsächlichsten Staaten, die Regelung und Verwaltung der zivilen Luftfahrt, sowie die Betriebskosten im Luftverkehr. Im vierten Anhang wird auf die Navigation und ihre Hilfsmittel eingegangen, die Organisation des Wetterdienstes geschildert, ferner die Verwendung der drahtlosen Telegraphie im Luftverkehr und schließlich der Bau von Flughäfen und Landeplätzen sowie deren Beleuchtung behandelt. Der fünfte Anhang befaßt sich ganz mit der Organisation des Luftschiffdienstes, während der sechste Anhang die Sonderverwendung des Flugzeuges, wie z. B. Schädlingsbekämpfung, Luftüberwachung, Luftbild, Krankentransport, Polizeidienst usw. behandelt.

Das Buch ist mit Bild- und Kartenmaterial gut ausgestattet. [E 416] Krs.

The Marketing Problem. How it is being tackled in U. S. A. Von Edward T. Elbourne. London 1926, Longmans, Green & Co. Ltd. 216 S. Preis 10 sh.

Englands Wirtschaft befindet sich in ähnlichen Nöten wie die unsrige, auch in England richtet man daher den Blick auf die Vereinigten Staaten und sucht zu ergründen, welche Ursachen dort die gegenwärtige Blüte von Industrie und Handel und der allgemeine Wohlstand haben. Das vorliegende Buch will englische Fabrikanten und Kaufleute aufklären über amerikanische Verkaufsgrundsätze. Der Verfasser läßt hierbei die Tatsachen für sich sprechen, bringt zahlreiche Zitate, Tafeln und Hinweise.

In dem einleitenden Überblick über die neuesten Erfolge in Amerika wird insbesondere die Steigerung des Ausbringens je Mann in den verschiedenen Industriezweigen hervorgehoben, die z. B. im Kraftwagenbau 200 vH, in den Stahlwerken 50 vH beträgt. Absatz für die stark gestiegene Erzeugung sicherzustellen, war das nächste Ziel. Eingehende und gewissenhaft durchgeführte Untersuchungen über alle Fragen des Handels sind nötig, vor allem aber die praktische Nutzanwendung. Eine ganze Reihe von besonderen Instituten, aber auch eine stattliche Zahl von Universitäten hat sich dieser Forschungsarbeit angenommen. Die Regierung selbst sorgt durch regelmäßige Veröffentlichungen dafür, daß jedermann im Lande schnell über alles Wissenswerte auf dem Gebiete der Wirtschaft unterrichtet wird.

Weiter wird über die Beseitigung von Verlustquellen und über die so notwendige Zusammenarbeit zwischen Erzeuger und Verbraucher gesprochen und dann zur Schilderung der einzelnen Hilfsmittel übergegangen, die dem Handel für die laufende Überwachung, für Werbung und Ausdehnung des Absatzes zur Verfügung stehen. Hier wird mit besonderem Nachdruck immer wieder auf den Nutzen weitgehender Aufklärung des Käufers durch Abhandlungen, Werbeschriften, durch die Fach- und Tagespresse hingewiesen. Den Abschluß bildet eine sehr eingehende Übersicht über die einschlägige Literatur.

Wenn auch nicht alle Mittel, deren sich der Amerikaner mit großer Geschicklichkeit und augenscheinlichem Erfolg bedient, unter europäischen Verhältnissen anwendbar sind, und obwohl der Deutsche sich wohl noch weniger als der Engländer auf sie einstellt, so kann doch das Studium des Buches allen empfohlen werden, denen die Steigerung des Wirkungsgrades in unserer Wirtschaft am Herzen liegt oder Pflicht ist. [E 305] Kothe

Die Betriebspraxis der Eisen-, Stahl- und Metallgießerei. 3. H.: **Die Gußröhren-Herstellung in der festen Form und Schleuderform.** Von H. Weber und H. Hermanns. Halle a. d. S. 1927, Wilhelm Knapp. 68 S. mit 85 Abb. Preis 5,90 ℳ.

Autostähle des Welthandels. Von Albert Müller-Hauff u. Karl Stein. Düsseldorf 1927, Verlag Stahleisen. 195 S. m. 55 Abb. Preis 9 ℳ.

Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung zu Düsseldorf. Herausgeg. von Friedrich Körber. Bd. 9, Lfg. 7—12. Düsseldorf 1927, Verlag Stahleisen. Preis 19 ℳ.

Hochspannungstechnik. Von Arnold Roth. Berlin 1927, Julius Springer. 534 S. m. 437 Abb. Preis 31,50 M.

Sammlung Göschen, 797. Bd.: **Schaltanlagen** in elektrischen Betrieben. Von F. Niethammer. 2. T.: Schaltanlagen für hohe Spannungen und große Leistungen. 2. Aufl. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruyter & Co. 96 S. mit 53 Abb. Preis 1,50 M.

DIN-Taschenbuch 8: **Normen der Elektrotechnik für Installationsmaterial, Kabel, Freileitungen.** Berlin 1927, Beuth-Verlag. 158 S. m. zahlr. Abb. Preis 2,75 M.

25 Jahre Städt. Elektrizitätswerk Stuttgart. Herausgeg. vom Städtischen Elektrizitätswerk Stuttgart. Stuttgart 1927. 39 S. m. 21 Abb. Nicht im Buchhandel.

Grundlagen des Aufzugbaues. Von M. Paetzold. Berlin 1927, Julius Springer. 172 S. m. 165 Abb. Preis 20 M.

Spezial - Lastautomobile. 1. Bd.: Kommunal - Automobile, Automobil-Kipper, Tank-Automobile, Sonderfahrzeuge. Von L. Betz. Berlin 1927, Hermann Meusser. 341 S. m. 428 Abb. Preis 18 M.

Der Einfluß der Steuerung auf Leistung der Heißdampflokomotiven. Von G. Strahl. Herausgeg. vom Deutschen Lokomotiv-Verbande. Hannover-Linden 1924, Hanomag-Nachrichten-Verlag. 106 S. m. 36 Abb. Preis 2 M.

Zur Frage des Schiffswiderstandes. Von Ch. Doyère. Übersetzt von Walther Meienreis. Berlin 1927, Julius Springer. 34 S. m. 10 Abb. Preis 7,50 M.

Der Brückenbau. Von Joseph Melan. 3 Bd. 1. H.: Eise Brücken. 1. T. 3. Aufl. Leipzig und Wien 1927, Fr Deuticke. 521 S. m. 572 Abb. Preis 26 M.

Der elastisch drehbar gestützte Durchlaufbalken. V H. Craemer. Berlin 1927, Julius Springer. 28 mit 7 Abb. Preis 5,10 M.

Bestimmungen über die bei Hochbauten anzunehmend Belastungen und über die zulässigen Beanspruchungen Baustoffe vom 24. Dezember 1919. 8. Aufl. Berlin 19 Wilhelm Ernst & Sohn. 21 S. Preis 1,50 M.

Mechanische Schwingungen und ihre Messung. Von Geig Berlin 1927, Julius Springer. 305 S. m. 290 Abb. Pr 24 M.

Sammlung Göschen, 953. Bd.: **Technische Schwingungslel** Von L. Zipperer. 1. T.: Allgemeine Schwingun gleichungen. Berlin und Leipzig 1927, Walter de Gruy & Co. 111 S. m. 49 Abb. Preis 1,50 M.

Der Architekt und die Geschichte. Rede, gehalten zur Fe der Rektoratsübergabe an der Techn. Hochschule Dan am 1. Juli 1926 von O. Koppel. Danzig-Langfuhr 19 Gesellschaft von Freunden der Danziger Hochsch Kostenlos.

Sonderfragen des Arbeiterschutzes und Beobachtungen Unfallverhütung und Gewerbehygiene im Jahre 19 Herausg. und Verlag: Reichsarbeitsverwaltung. Ber 1927, 128 S. mit versch. Abb. Preis 3 M.

ZUSCHRIFTEN AN DIE REDAKTION

Zugfestigkeit und Härte bei Leichtmetallen und Messing

Unter dieser Überschrift veröffentlicht Prof. R. Baumann, Stuttgart, in Z. Bd. 70 (1926) S. 1225 eine Mitteilung aus der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart, in der an einer verhältnismäßig geringen Zahl von Zerreißversuchen die Beziehung von Zugfestigkeit und Härte bei Leichtmetallen und Messing ermittelt werden soll. Nach den Erfahrungen, die bei der Aufstellung dieser Beziehung bei Stahl gemacht wurden, reicht die Anzahl der in der Abhandlung bekanntgegebenen Versuche nicht aus, um einigermaßen sichere Werte zu erhalten. Bei Nicht-Eisen-Metallen ist übrigens die Kenntnis der genauen Analysenwerte und ihrer betriebsmäßig unvermeidlichen Schwankungen unerläßlich, insbesondere müssen die geringen Mengen Blei bei Messinglegierungen genau in Betracht gezogen werden, da sie die Härte stark beeinflussen.

Die Prüfung von Aluminium-, Duralumin- und Messingblechen von 3 bis 6 mm Dicke mit einer Kugel von 10 mm Dmr. und 1000 oder 3000 kg Druck steht nicht im Einklang mit DIN 1605 (Seite 2, Kugeldruckversuch nach Brinell). Es hätte mit einer Kugel von 5 mm Dmr. bei 250 kg Druck geprüft werden müssen, dann hätte sich auch wahrscheinlich eine lineare Beziehung für das Verhältnis: Zugfestigkeit — Härte ergeben.

Die Zahlenwerte für Streckgrenze und Bruchfestigkeit sind in der im Werkstoffprüfwesen ungewöhnlichen Schreibweise kg/cm² ausgedrückt, während im gesamten Werkstoffprüfwesen einheitlich die Schreibweise kg/mm² üblich ist. Hierdurch erscheinen auch die Beiwerte in der ungeläufigen Schreibweise 33,3 und 38,5, während diese allgemein 0,335 und 0,385 geschrieben werden.

Daß sich bei Schlaghärteversuchen geringere Str ungen ergeben sollen als bei dem statischen Kugeldru versuch, kann nicht bestätigt werden. Die Ermittlung Beiwerten zur Errechnung der Zugfestigkeit aus dem dy mischen Kugeldruckversuch ist zur Zeit noch verfrüht. mitgeteilten Werte sind für den Betrieb wertlos, da Prüfgeräte nicht untereinander einheitlich und we Schlagstärke noch Schlagarbeit, Hammergewicht usw. normt sind. Das recht sinnreiche Eichverfahren der B mannschen Schlaghärteprüfer kann z. Z. noch nicht eine solche Normung angesehen werden. Mit Fallhä prüfern wäre der Anschluß an unsre gebräuchlichen M systeme und eine Normung leichter zu erreichen.

Schweinfurt P. W. Döhme

Hr. Prof. Baumann, dem wir diese Zuschrift v legten, äußert sich wie folgt:

Wer meinen Aufsatz liest, wird ersehen, daß ich Messing eine erste Anregung geben wollte und weit Versuche selbst als notwendig bezeichnet habe. Hinsi lich Aluminium und Duralumin dürfte das Gebotene viele Zwecke genügen. Von andern Anpressungskräf verspreche ich mir nicht viel. Die von mir gewählte K steht mit andern Versuchen im Zusammenhang. Über Schreibweise kg/cm² ist ein Streit zwecklos. Daß sich Schlaghärteversuchen geringere Streuungen ergeben, h ich nicht gesagt, vielmehr meine Äußerungen auf ein stimmtes Gerät bezogen. Für dieses sind auch die geteilten Werte für die Betriebspraxis recht wertvoll. H sichtlich der Fallhärteprüfer bin ich mit Rücksicht auf v schiedenartige Anwendung andrer Meinung. [D 27]

Stuttgart R. Bauman

Schluß des Textteiles

INHALT:

Für die Schriftleitung verantw.: C. Matschoß, in Vertr. K. Meyer, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

Die AEG-Wasserbremse.

Mitteilung der AEG.

Zur unmittelbaren Leistungsmessung von Kraftmaschinen aller Art bedient man sich heute fast ausschließlich elektrischer oder hydraulischer Abbremsung. Während die elektrische Bremse als Generator mehr für höhere Drehzahlen in Frage kommt, ist für den unteren Drehzahlbereich die Wasserbremse der geeignetste Energievernichter.

Bild 1. AEG-Wasserbremse, Oberteil abgehoben.

Die ersten von der AEG vor mehr als 20 Jahren gebauten Wasserbremsen waren reine Widerstandsbremsen, die bei der fortschreitenden Steigerung der zu messenden Leistung aber nicht mehr ausreichten. Erst durch Ausnutzung der Wassergeschwindigkeit in der sogenannten Geschwindigkeitsbremse ist es gelungen, mit verhältnismäßig kleinen Abmessungen Bremsen für große Leistungen zu bauen, die infolge ihres weichen und stoßfreien Ganges außerordentlich genau und außerdem innerhalb weiter Grenzen in einfachster Weise regelbar sind.

Bild 2. AEG-Wasserbremse mit Schiffsdieselmotor im Prüffeld.

Bild 1 zeigt eine Wasserbremse für 10 000 PS Leistung bei 100 bis 125 Uml./min mit abgehobenem Oberteil. Die Wirkungsweise der Bremse ist folgende: das Wasser tritt zu beiden Seiten des Laufrades an der Nabe ein, wird durch dessen vorwärts gekrümmte Schaufeln mit starkem Drall nach außen geschleudert, hier in Leittaschen eines Ringschiebers zu Rücklaufkanälen, die zu beiden Seiten des Läufers im Gehäuse eingegossen sind, umgelenkt und im Kreislauf dem Rad an der Nabe wieder zugeführt. Während des Rücklaufes wird durch Reibung an den Gehäusewänden dem Wasser seine Geschwindigkeitsenergie entzogen und als Drehmoment auf das Gehäuse übertragen, das von Rollen geführt auf Pendelstützen leicht drehbar ruht. Der in der Drehrichtung befindliche Hebelarm überträgt die Drehkraft auf eine Dezimalwage, von der die Belastung unmittelbar abgelesen werden kann. Die Genauigkeit der Leistungsbestimmung ist so groß, daß beispielsweise für die 10 000 PS-Bremse mit einer Toleranz von nur 0,5 vH zu rechnen ist.

Bild 3. AEG-Wasserbremse mit Schiffstriebturbine im Prüffeld.

Die hohe Leistungssteigerung bei kleinen Abmessungen ist im wesentlichen durch die sorgfältig errechnete und erprobte Form der gekrümmten Schaufeln erreicht worden, mit denen im Vergleich zu den radialen Schaufeln anderer Bauarten unter sonst gleichen Verhältnissen die dreifache Bremsleistung erzielt wird. Eine Umkehr der Drehrichtung ist auch mit den gekrümmten Rotorschaufeln ohne weiteres möglich, allerdings sinkt hierbei die höchste Bremsleistung au etwa 40 vH der Vorwärts-Höchstleistung. Wird die volle Leistung bei entgegengesetztem Drehsinn verlangt, so braucht die Bremse nur aus ihren Lagern gehoben und umgedreht zu werden.

Ein besonderer Vorteil der AEG-Bremse ist die außerordentlich einfache Anpassung an Belastungsänderungen. Nur durch ein Ventil und, bei gefüllter Bremse, durch einen Ringschieber, der die Menge des umlaufenden Wassers regelt, lassen sich Änderungen in der Belastung von 100 vH bis herunter zu etwa 3 vH der Vollast ermöglichen. Dieser weite Leistungsbereich ist wichtig für Fälle, in denen von einer beispielsweise neu zu entwickelnden, mehrzylindrigen Ölmaschine großer Leistung zunächst nur ein Versuchszylinder gebaut und geprüft werden soll. Es kann für die Messung dieses einen Versuchszylinders mit annähernd gleicher Meßgenauigkeit dieselbe Wasserbremse verwendet werden, wie später für die ganze Maschine.
Bild 2 zeigt eine Schiffs-Dieselmaschine gekuppelt mit einer 4000 bis 6000 PS-AEG-Wasserbremse, und Bild 3 eine Schiffstriebturbine in Kupplung mit einer AEG-Wasserbremse.

Dank der anerkannten Vorzüge der neuzeitlichen AEG-Wasserbremse konnten in den letzten Jahren u. a. mehrere Bremsen großer Leistung nach dem Ausland geliefert werden, in dem bis dahin andere Bauarten führend gewesen waren.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Spezialölschalter für Triebfahrzeuge.

Mitteilung der AEG.

Gemäß der Betriebsvorschrift einiger Bahnverwaltungen soll der in die Fahrzeuge eingebaute Ölschalter le in den Hauptstromkreisen der Lokomotive bzw. des riebwagens auftretenden Überlastungen nach einer willirlich regelbaren Zeit, alle Kurzschlüsse dagegen möghst sofort unterbrechen. Andere Verwaltungen schrein vor, daß nur alle die Niederspannungs-Hauptstromkreise treffenden Kurzschlüsse durch den Ölschalter des Fahrzeuges mit einer einstellbaren Zeitverzögerung unterbrochen werden sollen, während die sehr seltenen, auf der Primärseite des Transformators auftretenden Kurzschlüsse durch den Unterwerkschalter abzuschalten sind. Durch diese Einschränkung wird zwar einerits die abzuschaltende Leistung und damit die Beispruchung des Ölschalters, die als Folgeerscheinung s Abschaltlichtbogens auftritt, herabgesetzt, da der urzschlußstrom bereits auf seinen Dauerwert abgeklunn ist, wenn die Kontakte sich zu trennen beginnen, idererseits aber wachsen hierdurch die Ansprüche, die a die Wärmekapazität und das Leitvermögen der Schaltücke gestellt werden, ganz bedeutend.

Bild 1. Messerkontakt.

Messerkontakte erschienen als die am besten geeigte Form zur sicheren Beherrschung der thermischen id elektrischen Beanspruchungen durch die Kurzhlußströme. Gleichzeitig wurde eine Unterteilung in aupt- und diesen voreilende Vorkontakte, Bild 1 (*a* id *b*), vorgenommen. Die Vorkontakte übernehmen mit den Abschaltlichtbogen, so daß die Arbeitsflächen r Hauptkontakte nicht zerstört werden und eine sichere romleitung gewährleistet wird. Überdies sitzen die rater des Lichtbogens nur an den vorderen Spitzen r Schaltstücke. Dadurch bleiben auch die inneren, im geschalteten Zustand des Schalters sich berührenden ächen der Vorkontakte unversehrt.

Noch in anderer Hinsicht ist die gewählte Kontaktrm besonders geeignet für die gestellten Anforderunn. Wie aus Bild 1 erkennbar ist, besteht das festhende Schaltstück aus zwei parallel geschalteten Leitn *c* und *d*, die einander somit unter der Wirkung der rchfließenden Ströme anziehen, so daß sie fest auf n beweglichen Kontakt *a* und *b* gedrückt werden. r konstante Druck der anpressenden Federn *e* wird so äußerst wirksam durch die dem Quadrat der Stromrke proportionale elektrodynamische Kraft unterstützt, rart, daß gerade dann durch größere Anpressung ein ringerer Übergangswiderstand geschaffen wird, wenn di Schaltstücke durch hohe Stromdichte am schärfsten nsprucht und große Übergangsquerschnitte benötigt rden.

Versuche haben die Richtigkeit der AEG-Konstruktin vollauf bestätigt. Nachdem der Schalter in rascher feinanderfolge sechs schwere Kurzschlüsse der größt im Prüffeld zur Verfügung stehenden Leistung unterbchen hatte, wurde er erst beim Einschalten auf einen benten Kurzschluß außer Tätigkeit gesetzt. Durch den sr hohen asymmetrischen Spitzenwert von 24 000 A ren einzelne Vorkontakte, die durch die vorher abschalteten Spitzenwerte von etwa 16 500 A bereits kleine Smelzperlen trugen, leicht zusammengeschweißt, so daß die Traverse nicht wieder in ihre Endstellung gelangen konnte.

Bild 2 läßt den Aufbau des mit achtfacher Unterbrechung ausgerüsteten Schalters erkennen. Der in das Innere des Triebfahrzeuges hineinragende, aus 10 mm starkem Eisenblech geschweißte Ölkessel gewährleistet durch seine zylindrische Form außerordentliche Festigkeit. Um eine möglichst hohe Widerstandsfähigkeit des ganzen Schaltergehäuses zu erreichen, ist außerdem der Deckel aus Stahlguß gefertigt. Da so die Sicherheit aller Gehäuseteile aufs äußerste gesteigert ist, konnten besondere Ventile im Schalterdeckel vorgesehen werden, die sich schließen, sobald der Ölkolben, der durch die beim Abschalten entstehenden Gasblasen hochgetrieben wird, gegen den Deckel schlägt. Auf diese Weise wird jeder Ölauswurf verhindert. Nach beendetem Schaltvorgang findet durch kleine Kanäle ein Druckausgleich zwischen dem Schaltinnern und der Außenluft statt, so daß die Ventile nach wenigen Sekunden die Austrittsöffnungen wieder freigeben und die Ölgase entweichen können.

Der Schalter wird mittels eines am Kessel angeschweißten Flansches im Dach des Triebfahrzeuges befestigt. Der ganze Apparat ist durch eine Blechhaube gegen die Einflüsse der Witterung geschützt. Um den Einbau möglichst einfach zu gestalten und um ein sicheres Arbeiten der Schaltvorrichtung zu gewährleisten, sind Schalter und Antriebsorgan nicht fest miteinander gekuppelt.

Diese Antriebsvorrichtung vereinigt alle zur Betätigung des Ölschalters erforderlichen Apparate (Bild 2). Das Einschalten kann sowohl von Hand durch Bedienung einer Zugvorrichtung als auch durch Druckluft erfolgen. Der Auslösevorgang wird einmal automatisch eingeleitet: bei unzulässig hohen Strömen durch das Überstromrelais und bei ausbleibender Spannung durch das Minimalrelais, oder willkürlich durch Auslösehebel und Auslösemagnet vom Führerstand aus.

Die endgültige Stellung der Traverse wird sowohl im eingeschalteten als auch im ausgeschalteten Zustand durch eine besondere Meldevorrichtung im Führerstand angezeigt.

Bild 2. Der geöffnete Triebfahrzeug-Ölschalter in Ausschaltstellung.

Schließlich kann der Ölschalter im Bedarfsfalle noch mit einem Vorschaltwiderstand ausgerüstet werden; hierfür werden zwei der acht Kontaktpaare voreilend angeordnet.

Die Abschaltleistung des beschriebenen Ölschalters darf nach den angestellten Versuchen mit Sicherheit zu 100 000 kVA angenommen werden.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG
Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G.m.b.H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN
für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG
Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE
ORIGINAL MSN AUFZÜGE
Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

AUFZÜGE
DEMAG
bekannt als Demagzüge,
$^1/_4$ bis 5 t Tragkraft,
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE, Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren
Carl Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte Aufzugsfabrik Deutschlands.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE
AUFZÜGE
für Personen und Lasten
Paternosterwerke
Krane
Verladeanlagen
Hängebahnen
Losenhausenwerk Düsseldorfer Maschinenbau Aktien-Gesellschaft
Düsseldorf-Grafenberg
Gegründet 1880

AUFZÜGE
Paternoster-Aufzüge
Personen- und Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE
SCHINDLER 1874
auch Lieferung einzeln. Winden, Steuerungen, Anlasser, Bremsmagnete und Spezial-Apparate an Wiederverkäufer
Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin-Tempelhof

AUFZÜGE
für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art
Schüle & Co. Feldkirchen München
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE
STAHL
Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE
in Sonderheit Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung für Zechen, Fabriken, Lagerhäuser, jeder Betriebsart, Tragkraft und Größe
Windscheid & Wendel
Eisengießerei und Maschinenfabrik
Düsseldorf-O.

AUFZÜGE ESCALATOREN
OTIS
AUFZUGSWERKE
Berlin-Borsigwalde
Tel.: Reinickendorf 547—49
Verkaufszentrale:
Berlin, Alte Jakobstr. 23/24
Tel.: Dönhoff 5144—45

AUFZÜGE, KRANE
Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge
Maschinenfabrik Wiesbaden

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN
Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUFZUGS-SCHIENEN-SCHMIER-APPARATE
D. R. P.
HELIOS
HELIOS-APPARATE
Wetzel & Schloßhauer
Berlin W 10, Bendlerstr. 11.

B

BIEGSAME WELLEN
Maschinenfabrik Otto Püschel
Berlin-Lichterfelde-West

BLECHWALZWERKE
Duo-, Trio-, Umkehr-Walzwerke für alle Metalle bis zu den größten Breiten.
Ueberhebevorrichtungen, Rolltische,
Platten- und Stangengießformen.
Sundwiger Eisenhütte
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Sundwig, Kreis Iserlohn

BRUNNENBAU
(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER
Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFDRUCKVERMINDERUNGSVENTI[L]
auch f. Preßluft, Gas usw. geeig[net]
ohne Quecksilber u. ohne Membra[n]
D. R. P. und Ausl.-Pat. angem.
Robel & Co., München S 50

KREUSER-DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser
G. m. b. H.
Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & C[o.]
Werkzeugmaschinenfabrik m. b. [H.]
Dortmund.

DAMPFMESSER
Gas-, Preßluft-, Wassermess[er]
mit Schreib- und Zählwerk
autom. Druckberichtigung
Elektr. Fernübertragung.
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER
Reuther Dampfuhren,
Venturi-Anzeige-, Registrier- u[nd]
Summierungsapparate D. R. P.
elektrische Fernübertragunge[n]
Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER
Fabrik JCE Zeichen
Belastungsmesser, Rauchgasprü[fer]
Wassermesser, Trommelflüs[sig]keitsmesser — Luftmengenmes[ser]
Zugmesser, Thermometer, Ma[no]meter, Vacuummeter, anzeig[end] und schreibend, auch mit ab[lau]fenden Schreibstreifen.
J. C. Eckardt A.-G.
Stuttgart-Cannstadt

DAMPFMESSER
aller Art
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-DAMPFMESSER
Preßluft- und Wassermesse[r]
anzeigend und registrierend
automatisch. Druckberücksichtig[ung]
Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365[...]
in Hunderten von Ausführun[gen]
geliefert für Dampfmaschi[nen]
Dampfhämmer, Walzenzugmas[chi]nen, Fördermaschinen u. derg[l.]
Man verlange Referenzenliste [...]
Feodor Stabe Apparatebauans[talt]
Berlin SO 26

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Ruths-Wärmespeicher in Dampfkraftwerken.

Mitteilung der AEG.

In den meisten Elektrizitätswerken müssen lediglich ur Spitzendeckung täglich für wenige Betriebsstunden)ampfkessel in Betrieb genommen werden; bei Werken ait stark ausgeprägter Winter-Lichtspitze muß die Kesselnlage für diese Höchstlast bemessen sein, die nur an inigen wenigen Tagen im Jahre auftritt. So ist die Ausnutzung eines beträchtlichen Teiles der Kesselanlage ine sehr schlechte, und bei Erweierungen infolge gestiegener Spitze nüssen für geringe Benutzungsdauer Kessel unter hohem Aufwand an Anschaffungs- und Baukosten erstellt verden. Selbst bei modern eingeichteten Werken wird der Preis der Kilowattstunde durch erhöhten Kohenverbrauch infolge der hohen Anieiz- und Abkühlungsverluste und lurch nur in der Spitze ausnutzbaren Kapitalaufwand weit über den bei gleichmäßiger Last erreichbaren Vert gesteigert.

Dieser unwirtschaftliche Betrieb äßt sich durch zweckmäßigen Einau eines ausgleichenden Speichers eicht beheben.

Anstatt bei Erweiterungen schlecht usnutzbare Spitzenkessel neu zu rstellen, empfiehlt sich die Beschafung einer Ruths-Wärmespeicheranage. Der Dampfkessel ist in seiner Spitzenleistung beschränkt, der Ruths-Speicher ist imstande, momentan beliebig große Dampfnengen abzugeben. Es ist zweckmäßig, der Kesselanlage en obersten Teil der Belastungsspitze abzunehmen und ie Spitze aus Speicherdampf zu decken. Bild 1 zeigt ine Gegenüberstellung der Anlagekosten für neue Spitzenkessel und für Ruths-Speicher. Je nach der Form nd der Dauer der Spitze ergibt sich für den Wärmepeicher eine größere oder kleinere Ersparnis gegenüber en Anschaffungskosten für Spitzenkessel, so daß bei Verkserweiterungen schon aus der Erwägung, mit geingeren Anlageosten das Bessere zu erweren, die Wahl uf den Ruthspeicher fallen nuß.

Spitzendauer t in Stunden
S = Spitze aus Spitzenkessel oder Speicher
A = Kosten für Spitzenkessel
B (schraffierter Bereich) = Kosten für Ruths-Speicher
a: Spitze dreieckig
b: Spitze viereckig

Bild 1. Vergleich der Anlagekosten für Spitzenkessel und Ruths-Speicher

Jedoch auch ei Werken, bei enen die Notvendigkeit einer Vergrößerung er Dampferzeueranlage nicht esteht, wird ich in den meisten Fälen die Erstelung einer Speiheranlage aus betrieblichen ründen und mit Rücksicht auf ie erzielbaren Brennstoffrsparnisse empehlen.

Zu Zeiten iederer Last ird der Speiher mit Überchußdampf aufeladen, um bei der Spitze Dampf abzugeben. Es ird dadurch nicht nur vermieden, für verhältismäßig kurze Spitzen Kessel anzusetzen, sondern urch das Aufladen des Speichers zur Zeit schwacher ast wird die Belastung der Kesselanlage ausgeglichen nd so der Betriebswirkungsgrad verbessert. Kleine Leistungsänderungen der Maschinenanlage brauchen nicht auf die Kessel übertragen zu werden, sondern bei zweckmäßiger Schaltung des Speichers lassen sich sehr große Lastschwankungen ohne jede Änderung der Feuerführung im Kesselhause ausgleichen.

Bei fallender Last wird das Blasen der Sicherheitsventile vermieden, bei steigender Last bleibt der Kesseldruck praktisch konstant dicht unter dem Konzessionsdruck (guter Dampfverbrauch der Turbinen), die Feuerführung kann unverändert bleiben oder braucht nur langsam der schwankenden Belastung angepaßt zu werden; Spitzen werden voll aus Speicherdampf gedeckt. Weiter ist bei einem Ausfall von Kesseln (durch Stehenbleiben eines Rostes, durch Siederohrrisse oder Störungen in der Speisung) der Ruths-Speicher imstande, als Momentanreserve beliebig große Dampfmengen abzugeben, die bis zur Inbetriebsetzung von Reservekesseln oder Behebung der Schäden die Krafterzeugung sicherstellen.

Leistungsausgleich, Leistungssteigerung durch Spitzendeckung und Momentanreserve sind die Aufgaben des Ruths-Speichers im Elektrizitätswerk; kein anderes Speichersystem ist imstande, diese drei Bedingungen gemeinsam zu erfüllen.

Da je nach der besonderen Eigenart der Werke Schaltung und Anordnung einer Ruths-Wärmespeicheranlage verschieden sind, soll hier davon abgesehen werden, einzelne Schaltungen zu schildern. Mit geringen Kosten lassen sich Turbinen der meisten Bauarten für Speicherbetrieb einrichten, soweit dies überhaupt erforderlich ist.

Kein Elektrizitätswerk sollte eine Erweiterung der Kesselanlage vornehmen, kein Werk mit schlechter Ausnutzung der Spitzenkessel den Betrieb weiterführen, ohne sorgsam die Frage zu prüfen, inwieweit durch die Erstellung einer Speicheranlage die Betriebskosten verringert und hohe Beträge für die Neuanschaffung von Kesseln erspart werden können.

Die Wahl des richtigen Speichersystems bedingt ein großes Maß von Erfahrungen; der Bau von Wärmespeichern stellt schärfste Anforderungen an die Werkstatt. Die AEG hat bisher Ruths-Wärmespeicher mit zusammen 4400 m³ Inhalt zwischen 6 und 16 atü Höchstdruck geliefert; AEG-Turbinen mit insgesamt 67 000 kW Leistung arbeiten zusammen mit Ruhts-Wärmespeichern.

Speicherinhalt	2×150 = 300 m³
Druckgrenzen	15/5 atü
Speicherfähigkeit	20 000 kg Dampf
entsprechend etwa	2 700 kWh

Bild 2. Ruths-Wärmespeicher im Kraftwerk Altona

Bild 2 zeigt die Anlage im Kraftwerk Altona; hier ist es möglich gewesen, die Spitze anstatt mit 2400 m² durch Einbau der Speicher mit 1600 bis 1700 m² Kesselheizfläche zu bewältigen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG ABGAS-AUSNUTZUNG

für Heizung und Trocknung
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS“, Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne G. m. b. H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN

für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE

Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG
Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE

ORIGINAL MSN AUFZÜGE
Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

AUFZÜGE

DEMAG
bekannt als Demagzüge, 1/4 bis 5 t Tragkraft, Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE Hebezeuge,

Fahrtreppen, Elektromotoren
Carl Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte Aufzugsfabrik Deutschlands. Bisher über **30000** Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

für Personen, Lasten, Speisen, Akten
HH
Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

AUFZÜGE

Elektrische Aufzüge für Personen oder Lasten mit Seil- oder elektrischer Steuerung
Paternosteraufzüge für Personen
Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

für Personen und Lasten
Paternosterwerke
Krane
Verladeanlagen
Hängebahnen
Losenhausenwerk Düsseldorfer Maschinenbau Aktien-Gesellschaft
Düsseldorf-Grafenberg
Gegründet 1880

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen- und Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE

SCHINDLER 1874
jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin-Tempelhof

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE STAHL

Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

in Sonderheit Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung für Zechen, Fabriken, Lagerhäuser, jeder Betriebsart, Tragkraft und Größe
Windscheid & Wendel
Eisengießerei und Maschinenfabrik
Düsseldorf-O.

AUFZÜGE ESCALATOREN

OTIS
AUFZUGSWERKE
Berlin-Borsigwalde
Tel.: Reinickendorf 547—49
Verkaufszentrale:
Berlin, Alte Jakobstr. 23/24
Tel.: Dönhoff 5144—45

AUFZÜGE, KRANE

Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge
Maschinenfabrik Wiesbaden

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUFZUGS-SCHIENEN-SCHMIER-APPARATE

D. R. P.
HELIOS
HELIOS-APPARATE
Wetzel & Schloßhauer
Berlin W 10, Bendlerstr. 11.

AUTOWERKZEUGE

F.D. Weltmarke
Paul F. Dick, Esslingen a N.
Stahlwaren- und Werkzeugfabrik.

B

BRUNNENBAU

(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

KREUSER-DAMPFHÄMMER

D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H. Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co. Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H. Dortmund.

DAMPFMASCHINEN

für normale und hohe Drücke. Kondensations- und Gegendruckmaschinen. Abdampf- und Zwischendampfverwertung. Umbau veralteter Anlagen.
60jährige Erfahrung.
Sundwiger Eisenhütte
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Sundwig, Kreis Iserlohn

DAMPFMESSER

Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung Elektr. Fernübertragung.
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER

aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-DAMPFMESSER

Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend mit automatisch. Druckberücksichtigung
Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 [illegible]
in Hunderten von Ausführungen geliefert für Dampfmaschinen, Dampfhämmer, Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste [illegible]
Feodor Stabe Apparatebauanstalt
Berlin SO 26

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrische Kokslöschlokomotiven.

Mitteilung der AEG.

In den neueren Kokereien wird der Koks aus den Öfen in einen Selbstentladewagen gedrückt, in dem er abgelöscht und zur Verladestelle gefahren wird. Zur Beförderung des Wagens dienen elektrische Lokomotiven, die sich hierfür besonders eignen. Bei den kurzen und vollkommen geraden Strecken kann der auf den Werken vorhandene Drehstrom unmittelbar verwendet werden, wodurch sich Anlage und Betrieb sehr einfach gestalten. Für diese fast überall gleichen Bahnen hat sich eine Regelbauart einer zweiachsigen Kokslöschlokomotive herausgebildet, die bei einem Gewicht von 16 t eine Leistung von etwa 60 PS hat. Von der üblichen Bauart unterscheidet sich diese Lokomotive durch den etwa 2,5 m über Schienenoberkante liegenden Führerstand, der durch eine außen angebrachte Treppe zugängig ist. Die Höhe ist nötig, damit der Führer über den Kokslöschwagen hinwegsehen kann.

Bild 1. Lokomotive auf der Rampe, im Hintergrunde die Verladeanlage.

Eine im äußeren Aufbau ähnliche, aber im Getriebe wesentlich abweichende Lokomotive wurde von der AEG im vergangenen Jahre (1925) für eine Zeche geliefert, bei der der Wagen von den Öfen zu einer um 5,6 m höher liegenden Verladeanlage gedrückt werden muß. Bei der sehr kurzen Strecke ergab sich eine Steigung von 140 vT, die nur unter Benutzung einer Zahnstange befahren werden konnte. Die Lokomotive wurde deshalb als Zahnradlokomotive ausgeführt, jedoch in der Weise, daß auch die Laufräder als Reibungsräder mitwirken. Dadurch war es möglich, mit einer Zahnstange, Bauart Abt, mit zwei Lamellen von je 26 mm Stärke auszukommen.

Die größte auf der Steigung auszuübende Zugkraft beträgt 14000 kg, von denen bei einem Reibungswert von ⅙ von den Reibungsrädern 5400 kg übernommen werden, so daß von den Zahnrädern noch 8600 kg zu leisten sind. Da auf jeder der beiden Laufachsen ein Zahnrad angeordnet ist, entfällt auf jedes Zahnrad eine Zugkraft von 4300 kg.

Der Antrieb der Lokomotive erfolgt durch einen gewöhnlichen offenen Drehstrommotor, der im oberen Teil des Untergestells untergebracht ist. Der Motor hat eine Dauerleistung von 252 PS bei 735 Uml./min. Bei einem Laufraddurchmesser von 802 mm und einer Gesamtübersetzung des Getriebes von 1 : 17,64 beträgt die Fahrgeschwindigkeit 1,74 m/s.

Der Antrieb der Triebachsen erfolgt durch Triebstangen von einer zwischen den Achsen gelagerten Blindwelle, die mit der Motorwelle durch ein doppeltes Stirnradvorgelege verbunden ist.

Zum Bremsen der Lokomotive sind vier verschiedene Bremsarten vorgesehen. Als Gebrauchsbremse dient die auf die Triebachsen wirkende Druckluftbremse, mit der auch der Wagen selbst gebremst wird. Als Ersatz für diese Luftbremse dient die Handbremse, die ebenfalls auf die Triebachsen wirkt. Als dritte Bremse ist eine Fußtrittbremse vorgesehen, die auf die Motorwelle wirkt. Auf der Steilstrecke kann die Lokomotive auch elektrisch gebremst werden, indem man sie mit eingeschaltetem Motor, der dann als Generator wirkt, hinablaufen läßt.

Die Drucklufteinrichtung dient außer zum Bremsen noch zur Betätigung der Warnglocke und Sandstreuer der Lokomotive und zum Öffnen und Schließen der Klappen und des Löschwagens.

Die Stromzuführung erfolgt durch drei Schleifstromabnehmer von den längs der Bahn übereinander verlegten Fahrdrähten. Der Drehstrom wird mit einer Spannung von 500 V verwendet, wie er auf der Zeche vorhanden ist. Lediglich für die Beleuchtung wird aus Sicherheitsgründen die Spannung auf der Lokomotive durch einen kleinen Transformator auf 110 V herabgesetzt.

Von den oben erwähnten Bremsarten hat sich die elektrische Bremsung auf der Steilstrecke als die vorteilhafteste erwiesen, da bei ihrer Benutzung nicht nur die Bremsbacken und Bänder geschont werden, sondern auch noch Nutzstrom in das Netz zurückgeliefert wird.

Bild 2. Lokomotive auf der Wagerechten.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEI

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG
Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G.m.b.H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN
für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane
ATG
Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m.b.H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE
ORIGINAL MSN AUFZÜGE
Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

DEMAG
AUFZÜGE
bekannt als Demagzüge, ¼ bis 5 t Tragkraft, Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren
CARL **Flohr** A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE
für Personen und Lasten
Paternosterwerke
Krane
Verladeanlagen
Hängebahnen
Losenhausenwerk Düsseldorfer Maschinenbau Aktien-Gesellschaft
Düsseldorf-Grafenberg
Gegründet 1880

AUFZÜGE
Paternoster-Aufzüge
Personen- und Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

SCHINDLER 1874
AUFZÜGE
jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin-Tempelhof

AUFZÜGE
für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
STAHL
Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE
in Sonderheit Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung für Zechen, Fabriken, Lagerhäuser, jeder Betriebsart, Tragkraft und Größe
Windscheid & Wendel
Eisengießerei und Maschinenfabrik
Düsseldorf-O.

AUFZÜGE, KRANE
Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge
Maschinenfabrik Wiesbaden

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN
Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUFZUGS-SCHIENEN-SCHMIER-APPARATE
D. R. P.
HELIOS
HELIOS-APPARATE
Wetzel & Schloßhauer
Berlin W 10, Bendlerstr. 11.

AUTOGENE
Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör
Gaswerkzeuge für alle Gasarten.
Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

B
BRUNNENBAU
(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D
DAMPF-DRUCKVERMINDERER
Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

KREUSER-
DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H. Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER
anzeigend registrierend zählend
ASKANIA
ASKANIA-WERKE
BAMBERGWERK
BERLIN FRIEDENAU
KAISERALLEE 87/88

DAMPFMESSER
Gas-, Preßluft-, Wassermes mit Schreib- und Zählwer autom. Druckberichtigung Elektr. Fernübertragung.
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER
Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier-Summierungsapparate D. R. elektrische Fernübertragung Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER
aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-
DAMPFMESSER
Preßluft- und Wassermesse
anzeigend und registrierend automatisch. Druckberücksichti Stabe-Dampfmesser D.R.P. 36
in Hunderten von Ausführu geliefert für Dampfmaschi Dampfhämmer, Walzenzugma nen, Fördermaschinen u. der
Man verlange Referenzenliste
Feodor Stabe Apparatebauan
Berlin SO 26

PONDO-
DAMPFMESSER
mit automatischer Druckberücksichtigung D.R. elektr. Fern-Dampfzähler elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DIESELMOTORE
ohne Kompressor und ohne Ve von 4 PS aufwärts.
Gerlach-Werke Akt.-Ges
Nordhausen L (Harz).

BEZUGSQUELLEN-NACHWEI

Tragbarer Landwirtschaftskleinmotor.

Mitteilung der AEG.

Da die jährliche Benutzungsdauer der Elektromotoren in landwirtschaftlichen Betrieben, soweit sie mit dem Arbeitsgerät fest verbunden sind, immer nur eine geringe sein wird, ist es zwecks besserer Ausnutzung des einzelnen Motors wünschenswert, ihn an verschiedenen Geräten wechselweise verwerten zu können. Dies gilt auch für die heute noch vielfach von Hand betriebenen leichteren Arbeitsmaschinen, bei denen der Übergang zum **personalsparenden** und technisch vollkommeneren elektrischen Betrieb wirtschaftlich nur möglich ist unter Anwendung eines vielseitig verwendbaren, leicht anzubringenden Kleinmotors.

Bild 1. Landwirtschaftskleinmotor beim Antrieb einer Windfege.

Ein Drehstrommotor mit diesen Eigenschaften ist der in Bild 1 dargestellte tragbare Landwirtschaftskleinmotor der AEG, der eine Leistung von etwa ⅓ PS entwickelt, was nach Messungen für den Ersatz des Handkurbelantriebes ausreicht. Der Kurzschlußläufer des Motors macht 2800 U/min, die durch ein eingebautes Vorgelege auf 230 U/min herabgesetzt werden. Auf dieser langsamlaufenden, in der Verlängerung der Motorachse liegenden Welle befindet sich eine Stufenscheibe mit den Durchmessern von 120 und 80 mm bei 40 mm Breite. Wie Bild 1 zeigt, erfolgt der Antrieb mittels Riemens auf eine geeignete Zwischenwelle des Gerätes, auf die eine passende Gegenscheibe aufgesetzt wird. Bei dieser Anordnung kann der Motor mittels eines Brettes auf dem Gerät selbst oder auf einer Konsole befestigt werden. Er wird mit seinem Fuß in einen auf dem Brett aufgeschraubten Eisenrahmen eingeschoben und mit Vorreiber festgehalten. Gleiche Rahmen werden auf anderen anzutreibenden Arbeitsmaschinen ein für allemal befestigt, so daß das Wechseln des Motors sehr einfach ist. Es erschien nicht zweckmäßig, die Drehzahl am Motor auf die der Kurbelwelle (50 bis 60 U/min) herabzusetzen, da sie durch die Zwischenvorgelege dann wieder heraufgesetzt werden muß und auch der Angriff des Motors an der Kurbelwelle die Verwendung eines besonderen platzbehindernden Traggestelles erforderlich macht.

Bild 2. Schleifvorrichtung für Mähmaschinenmesser.

Der Anschluß des Motors erfolgt durch ein biegsames Kabel, für das am Motor eine Steckdose vorgesehen ist. Diese ist mit dem in Walzenform ausgebildeten Anlaßschalter des Motors verbunden. Das infolge weitgehender Verwendung von Leichtmetall geringe Gewicht des Motors von etwa 16 kg erleichtert seine Handhabung.

Er kommt für alle handangetriebenen Geräte, z. B. Getreidereinigungsmaschinen, wie die in Bild 1 dargestellte Windfege, Trieure, Kartoffelsortierer, Schleifsteine, Milchschleudern, Butterfässer, Waschmaschinen usw., in Betracht, ergibt gleichmäßigere Arbeit, als an der Handkurbel zu erreichen ist und erhöht die Leistung der Arbeitsmaschine.

Um den Motor noch vielseitiger ausnutzen zu können, ist der Riemenscheibenseite gegenüber die raschlaufende Läuferwelle mit einem Wellenstumpf versehen, auf den eine biegsame Welle aufgesetzt werden kann.

Bild 2 zeigt eine solche Welle, die an ihrem Ende eine kleine Schmirgelscheibe trägt; diese ist sehr praktisch zum Nachschleifen von Mähmaschinenmessern, die für das Schleifen am gewöhnlichen Schleifstein sehr unhandlich sind. Mittels des Kleinmotors kann diese Arbeit durch e i n e n Mann rasch und sorgfältig durchgeführt werden. Ähnlich wie in diesem Beispiel kann das Nachschleifen von Schneiden an Geräten, z. B. Pflugscharen, bei Hackmaschinen, Messern von Häckselschneidern usw., durchgeführt werden, ohne daß ein Ausbau aus dem Arbeitsgerät erforderlich wird.

Bild 3 Verwendung des tragbaren Motors als Pferdeschermaschine.

Weiter kann auf den Wellenstumpf des Kleinmotors eine biegsame Welle mit einer Schervorrichtung für Pferde oder Schafe aufgesetzt werden. Da die Drehzahl von 2800 U/min für die Schermaschine zu hoch sein würde, so ist in das Handstück ein kleines Rädervorgelege eingebaut, das die Drehzahl auf etwa 950 U/min heruntersetzt. Bild 3 zeigt diese Schervorrichtung im Betrieb.

Die biegsamen Wellen sind leicht aufzusetzen bzw. abzunehmen, wenn der Motor für den Antrieb eines Gerätes benötigt wird. Die Mitnahme der Welle erfolgt durch eine geschlitzte Hülse, die auf den mit Federkeil versehenen Wellenstumpf aufgeschoben wird. Für den Schutzschlauch der Welle ist ein Anschlußstück vorgesehen, das durch drei Schrauben am Lagerschild des Motors befestigt wird.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG
ABGAS-AUSNUTZUNG
für Heizung und Trocknung
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G.m.b.H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G.m.b.H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN
für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG
Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE

ORIGINAL MSN AUFZÜGE

Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

DEMAG
AUFZÜGE
bekannt als Demagzüge, ¼ bis 5 t Tragkraft, Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL **Flohr** A-G
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über **30000** Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE
Elektrische Aufzüge für Personen oder Lasten mit Seil- oder elektrischer Steuerung Paternosteraufzüge für Personen

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

AUFZÜGE
für Personen und Lasten
Paternosterwerke
Krane
Verladeanlagen
Hängebahnen

Losenhausenwerk Düsseldorfer Maschinenbau Aktien-Gesellschaft
Düsseldorf-Grafenberg
Gegründet 1880

AUFZÜGE
Paternoster-Aufzüge
Personen- und Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE
jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin-Tempelhof

AUFZÜGE
für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
STAHL
Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE
In Sonderheit Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung für Zechen, Fabriken, Lagerhäuser, jeder Betriebsart, Tragkraft und Größe

Windscheid & Wendel
Eisengießerei und Maschinenfabrik
Düsseldorf-O.

AUFZÜGE, KRANE
Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge

Maschinenfabrik Wiesbaden

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUFZUGS-SCHIENEN-SCHMIER-APPARATE
D. R. P.

HELIOS

HELIOS-APPARATE
Wetzel & Schloßhauer
Berlin W 10, Bendlerstr. 11.

B

BIEGSAME WELLEN
Maschinenfabrik Otto Püschel
Berlin-Lichterfelde-West

BRUNNENBAU
(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERUNGSVENTILE
auch f. Preßluft, Gas usw. geeignet, ohne Quecksilber u. ohne Membrane.
D. R. P. und Ausl.-Pat. angem.
Robel & Co., München S 50

KREUSER-
DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten

Adolf Kreuser
G. m. b. H.
Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER
Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung Elektr. Fernübertragung.
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER
Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.

Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER
aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-
DAMPFMESSER
Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend m[it] automatisch. Druckberücksichtigun[g] Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 3[…]
in Hunderten von Ausführunge[n] geliefert für Dampfmaschinen Dampfhämmer, Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R [...]
Feodor Stabe Apparatebauanstal[t]
Berlin SO 26

PONDO-
DAMPFMESSER
mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DIESELMOTORE
ohne Kompressor und ohne Ventil[...] von 4 PS aufwärts.

Gerlach-Werke Akt.-Ges.
Nordhausen L (Harz).

E

DEMAG **ELEKTROZÜG[E]**
Bauart Demag, ¼ bis 5 t Tragkra[ft]
Lager im In- u. Auslan[d]
Demag-Duisburg

ENTÖLER

F. Mattick
Dresden 24c, Münchener Straße 3[…]
Maschinenfabrik u. Eisengießere[i] in Pulsnitz i. Sa.

ENTSTAUBUNGS-ANLAGEN
Winkelsträter & Sure
Barmen-Wichlinghausen, Rhld.
30 jährige Erfahrung

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Walzwerkhilfsmaschinen.

Mitteilung der AEG.

Die Produktion einer Walzenstraße ist in erster inie abhängig von der Leistung des Walzenzugmotors. orausgesetzt, daß dieser an sich ein bestimmtes Walz-rogramm mit völliger Sicherheit bewältigen kann, so t doch eine weitere Voraussetzung hierfür, daß die brigen Glieder der Walzenstraße die Ausnutzung des 'alzenzugmotors nicht beeinträchtigen, die Erzeugung ithin nicht herabdrücken.

Die Ursachen der Produktionsverminderung können rschiedener Art sein. So haben Betriebstörungen un-ittelbar Ausfälle zur Folge, die man daher durch zu-rlässigste Bauart, dauernde Beaufsichtigung und durch

a = Breitstich, b = Stauchstich, h = Verstellmaß.
Bild 1. Verstellung der Oberwalze beim Übergang von Breitstich auf Stauchstich.

ereithalten von Ersatzteilen auf ein Mindestmaß zu be-hränken sucht. Durch fehlerhafte Bedienung können enfalls Maschinenteile beschädigt oder zerstört, also etriebstörungen und damit Produktionsausfälle hervor-rufen werden. Falsche Bedienung kann aber auch roduktionsverminderungen zur Folge haben; wird z. B. n Block mittels der Verschiebevorrichtung nicht weit nug oder zu weit verschoben, so daß er nicht richtig r dem Kaliber liegt, so muß die Verschiebevorrichtung n neuem angesetzt werden. Neben der Auswahl zu-rlässiger Bedienungsmannschaft spielt daher die An-dnung der Steuerapparate auf der Steuerbühne und e leichte Handhabung der Steuerungen eine sehr wich-te Rolle.

Eine weitere Ursache von Produktionsverminderun-n kann die unzulängliche Bemessung der Walzwerk-lfsmaschinen sein, welche die volle Ausnutzung des alzenzugmotors vereitelt. Ein Beispiel aus der Praxis öge dies erläutern. Bild 1 zeigt zwei Kaliber einer ockstraße. Der Block von ursprünglich quadratischem erschnitt ist bereits zur Platine ausgewalzt; nach voll-detem Breitstich soll zum Stauchstich übergegangen rden. Hierzu sind vier Bewegungen notwendig, und war Verschieben vor das neue Kaliber, Hochkanten, eben der Oberwalze und Vorwärtsbewegen mit dem ollgang. Von diesen Bewegungen hinkte eine nach, d zwar war es die Oberwalze, die zu langsam ihre ere Lage erreichte. Die Folge davon war, daß der alzenzugmotor mit dem neuen Anlauf auf die Walzen-stellvorrichtung warten mußte. Es lag demnach der pische Fall einer Produktionsverminderung vor, ver-sacht durch Unzulänglichkeit eines der vielen Glieder, e zum ganzen Walzvorgang erforderlich sind. Der angel wurde behoben durch Einbau eines besonders erfür gebauten neuen Anstellmotors (Type WHM), der, e Bild 2 zeigt, in etwa der halben Zeit die gleichen ehzahlen erreichte wie der ursprüngliche Motor (Type DH); Bedingung war, daß die Hauptmaße des neuen otors mit denen des bisherigen übereinstimmen.

Es muß hierbei auf einen grundsätzlichen Unter-hied zwischen gewöhnlichen und elektrischen Ma-hinen hingewiesen werden. Die letztgenannten müssen nsichtlich der mechanisch abzugebenden Leistung türlich nach den Regeln des Maschinenbaues berech-t sein. Hierzu kommt aber beim Elektromotor ein hr wichtiges Moment, nämlich die Erwärmung, die terhalb gewisser Grenzen bleiben muß, wenn der otor nicht Schaden leiden soll. Die Erwärmung ist hängig von der aufgenommenen Stromstärke und der uer der Belastung. Bei aussetzenden Betrieben, wie bei der Mehrzahl der Walzwerkhilfsmaschinen in age kommen, ist daher die Anzahl der Spiele in der unde zunächst festzustellen. Unter Spiel ist zu verstehen die Zeit vom Beginn des Anlassens bis zum erfolgten Abbremsen des Motors.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei günstiger Konjunktur aus den Maschinen herausgeholt wird, was nur irgend möglich ist. So sind bei einem schweren Blockwalzwerk in einer Stunde gezählt worden:

Walzenanstellung	844	Spiele,
Rollgang	350	„ ,
Verschiebevorrichtung . . .	1725	„ .

Die Verschiebevorrichtung, mit welcher der Block in die richtige Lage vor das Kaliber bewegt wird, arbeitet dabei teilweise nur während einer ganz kurzen Zeit, in welcher der Motor beschleunigt und wieder abgebremst werden muß. Es handelt sich mithin um eine Betriebsart, die aus dem Rahmen normaler elektrischer Antriebe völlig herausfällt, da der Motor kaum in einen Beharrungszustand kommt, sondern andauernd angelassen und abgebremst wird.

Es erscheint auf den ersten Blick nahezu unmöglich, diese Beanspruchungen rechnerisch zu erfassen; trotzdem ist dies notwendig. Denn nur das Eindringen in die schwierigen mechanischen und elektrischen Fragen weist den Weg, der zum richtigen Ziel führt. Zwar stellt der Preis eines Hilfsmotors nur einen verschwindenden Anteil an den Anlagekosten des ganzen Walzwerks dar; um so verfehlter aber ist es daher, an dieser Stelle zu sparen, wenn durch einen geringen Mehrpreis die Produktion der ganzen Walzenstraße gesteigert werden kann.

Wenn demnach die Wichtigkeit des elektrischen Antriebes der Walzwerkhilfsmaschinen außer Zweifel steht, so tritt die Frage in den Vordergrund, welche Unterlagen erforderlich sind, um die Berechnung durchzuführen.

Bei der eingangs erwähnten Walzenanstellvorrichtung (Bild 1 und 2) waren z. B. für die Oberwalze in der Stunde gewünscht:

17 Spiele von 10 bis 55 mm Hub . .	je 3 s	= 51 s
1 Spiel zu 100 mm Hub		= 5 „
1 „ „ 140 „ „		= 6 „
1 „ „ 230 „ „		= 10 „
	Zusammen je Block	72 s.

Da mit 15 Blöcken in der Stunde zu rechnen war, so ergab sich die prozentuale Einschaltdauer des Motors zu

$$\frac{15 \cdot 72 \cdot 100}{3600} = 30\%$$

In ähnlicher Weise sind die Spiele für Rollgänge, Verschiebevorrichtung, Hebetische usw. anzugeben.

a = Anlaufzeit des WHM-Motors, n = Motordrehzahl in U/min,
b = Anlaufzeit des WDH-Motors, t = Anlaufzeit in s
Bild 2. Anlaufzeiten des WHM- und WDH-Motors an der Anstellvorrichtung einer 750er Grobstrecke.

Zur Berechnung des Motors sind fernerhin zeichnerische Unterlagen erforderlich, aus denen die Schwungmomente, Übersetzungsverhältnisse, Lagerabmessungen, Gewichte der zu beschleunigenden Massen usw. entnommen werden können.

Zum Schluß sei bemerkt, daß die Walzwerkhilfsmaschinen für Umkehrbetrieb sich je nach den Bewegungen in folgende Gruppen einteilen lassen:

a) umlaufende, z. B. Rollgänge,
b) umlaufende und geradlinig bewegte, z. B. Walzenanstell-Vorrichtungen, Verschiebevorrichtungen,
c) umlaufende und schwingende, z. B. Hebetische, Dachwippen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrokarren in Straßenbahnbetrieben.

Mitteilung der AEG.

In den Betrieben der Straßenbahn werden gleislose Fördermittel zu den verschiedenartigsten Zwecken verwendet. Die Werkstattbetriebe dieser Unternehmungen haben als erste die Vorteile des Elektrokarrenbetriebes erkannt. Für den Materialtransport eignen sich sowohl Elektrokarren mit fester Plattform als auch Elektrohubkarren in Verbindung mit Ladebänken. Beide Bauarten mit einer Tragfähigkeit von 1500 kg haben in diesen Betrieben Eingang gefunden und sich hier bestens bewährt.

Bild 1. Elektrokrankarren in einer Straßenbahn-Weichenwerkstatt.

In den Weichenwerkstätten der Straßenbahnbetriebe sind Schienen, Weichenzungen u. a. zu heben und zu befördern. Diese Arbeiten werden, wie Bild 1 zeigt, sehr vorteilhaft von dem Elektrokrankarren ausgeführt. Das Fahrzeug gleicht in seinem konstruktiven Aufbau den als bekannt vorauszusetzenden Elektrokarren. Auf der niedrigen Plattform ist eine senkrechte

Bild 2. Elektrokarren mit Turmwagenanhänger bei der Montage.

Säule gelagert, um die das gesamte Kransystem schwingt. Der Ausleger ist zur Vergrößerung seiner Auslegung heb- und senkbar eingerichtet. Als Gegengewicht dienen die Batterie sowie die Kranantriebsvorrichtung, die aus einem Motor mit elektromechanischer Bremse, Triebwerk, Seilwinde und Hubschalter besteht. Es können Lasten im Gewicht bis 1000 kg mit dem Kran gehoben und auf der Plattform befördert werden.

Ein neues und sehr wichtiges Anwendungsgebiet für Elektrokarren in Verbindung mit Turmwagenanhänger (Bild 2 und 3) ist die Fahrdrahtverlegung. Die Auswechslung des abgenutzten Fahrdrahtes bei den stark frequentierten Straßenbahnen großer und mittlerer Städte macht gewisse Schwierigkeiten, da hierfür nur wenige Nachtstunden während der vollständigen Betriebspause zur Verfügung stehen.

Auf den normalen Elektrokarren mit fester Plattform für eine Tragfähigkeit von 1500 kg wird mittels eines Drehschemels der einachsige Turmwagenanhänger gelagert (Bild 3) und hierdurch gleichzeitig zwischen beiden Fahrzeugen die Verbindung hergestellt. Die normalerweise unter der Karrenplattform aufgehängte Akkumulatorenbatterie ist auf die Plattform gesetzt und somit die gute Zugänglichkeit beim Laden der Batterie gewahrt. Ein Regendach schützt die Batterie vor dem Eindringen von Feuchtigkeit; gleichzeitig bietet sich hierdurch eine Sitzgelegenheit für zwei Mann. Falls sehr große Fahrleistungen zu vollbringen sind, kann eine Batterie mit beliebig großer Kapazität auf der Karrenplattform oder eine zweite Batterie unter dem Beifahrersitz des Turmwagenanhängers untergebracht werden.

Dieser Elektrokarren in Verbindung mit Turmwagen hat sich den sonstigen Fahrzeugen dieser Art außerordentlich überlegen gezeigt. Die Vorteile seiner Verwendung sind folgende:

Die Beschaffungskosten sind gering; sie betragen nur einen Bruchteil des Automobilturmwagens.

Bild 3. 8 Elektrokarren mit Turmwagenanhänger. Teillieferung für eine Betriebsleitng.

Die Betriebs- und Unterhaltungskosten werden von keiner anderen Betriebsart erreicht, da das Laden der Batterien bei dem den Straßenbahnen zur Verfügung stehenden billigen Strom keine nennenswerten Kosten verursacht.

Infolge der bequemen Bedienungsweise des Elektrokarrens kann der Führer zu den Montagearbeiten herangezogen werden, was beim Automobil- oder pferdebespannten Turmwagen nicht der Fall ist. Auch ist für die Bedienung des Karrens ein Führerschein nicht erforderlich.

Das Fahrzeug fährt sehr ruhig an und kann genau auf der bezeichneten Stelle zum Halten gebracht werden. Dieses ist für die Sicherheit der auf dem ausgeschobenen Turmwagen befindlichen Arbeiter sowie für die schnelle Durchführung der Arbeiten von sehr großer Bedeutung. Letzteres trifft auch für die Wendigkeit zu.

Da der sehr lenkfähige Elektrokarren sich gegenüber dem Turmwagen um 90° quer stellen kann, dreht sich dieser somit auf der Stelle.

Die große Betriebssicherheit des Elektrokarrens gewährleistet die Durchführung der Arbeiten in der festgesetzten Zeit.

Auf Grund der beschriebenen Vorteile hat der Elektrokarren mit Turmwagenanhänger bereits vielfach bei der Straßenbahn Eingang gefunden und hat hier sehr zur Verbilligung des Betriebes beigetragen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

AEG-Dieselkompressoren.

Mitteilung der AEG.

Trotz der fortschreitenden Umstellung des Dieselmotorenbaues auf die kompressorlose Betriebsweise wird der Luftverdichter bis auf weiteres die notwendige Ergänzung der Dieselmaschine bleiben, weil diese bekanntlich nicht von selbst anspringt, sondern hierzu Druckluft benötigt, die den Anstoß für die ersten Umdrehungen liefert. Die Erzeugung der Druckluft geschieht in getrennt aufgestellten Kompressoren, die ihrerseits wieder von kleineren Dieselmotoren angetrieben werden, mit denen sie zu selbständigen Aggregaten zusammengebaut sind. Ihnen fällt auf größeren Motorschiffen gewöhnlich eine doppelte Aufgabe zu: einmal haben sie die zum Manövrieren der Hauptmaschinen erforderliche **Anfahrluft** zu liefern, deren Menge bei Revierfahrten des Schiffes, wo eine große Zahl von Manövern vorkommen kann, u. U. recht erheblich ist. Zweitens aber wird der getrennt aufgestellte Dieselkompressor in der Regel so bemessen, daß er auch die zum Betrieb der Hauptmaschinen nötige **Einblaseluft** liefern kann, sei es als Reserve im Fall einer Havarie des an die Hauptmaschine angehängten Luftverdichters, sei es, daß dieser fehlt und die Erzeugung der Einblaseluft ganz dem Hilfsaggregat überlassen ist. In diesem Fall können bei großen Motorschiffen die Abmessungen des Dieselkompressors ganz beträchtlich werden, wie Bild 1 zeigt, das einen sechszylindrigen Dieselmotor darstellt, der mit einem Drillingkompressor (auf der linken Seite des Bildes erkennbar) direkt gekuppelt ist. Das Aggregat ist mit 12,55 m Länge, 3,4 m Breite und 6,3 m Höhe die größte Maschine dieser Art, die jemals gebaut wurde. Von der insgesamt erzeugten Preßluft werden nur 7 % vom Dieselmotor für den eigenen Einblaseluftbedarf verbraucht; die überschüssige Luftmenge dient zur Speisung der Hauptmotoren des Schiffes, auf dem jenes Aggregat aufgestellt wird, mit Einblaseluft und Manövrierluft. Vier Dieselkompressoren dieser Größe sowie zwei weitere vierzylindrige Zwilling-Kompressoren wurden kürzlich in den Werkstätten der AEG fertiggestellt und einer eingehenden Prüfung unterzogen*).

Bild 1. Sechszylinder-AEG-Dieselkompressor.
(Indizierte Leistung des Dieselmotors 1800 PSi; Nutzleistung des Drillingkompressors 5400 m³/h Luft auf 65 atü; Drehzahl 175 U/min.

Ein Vorteil der Aufstellung derartiger, von der Hauptmaschine abgetrennter Dieselkompressoren liegt darin, daß der sonst von dem angehängten Kompressor verbrauchte Teil der Hauptmaschinenleistung für die unmittelbare Fortbewegung des Schiffes frei wird, so daß die Zylinder der Hauptmaschine mit kleineren Abmessungen ausgeführt werden können. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Drehzahl des getrennt aufgestellten Luftverdichters höher gewählt werden kann, wodurch dieser kleiner als bei direkter Kupplung wird; auch können die Druckluft-erzeuger in mehrere Einheiten unterteilt werden, von denen auf längeren Reisen nur ein Dieselkompressor zur Lieferung der Einblaseluft für die Hauptmaschine in Betrieb gehalten wird, während man bei Revierfahrten, wenn häufiger manövriert wird, eine zweite Maschine hinzuschaltet. Mit dieser Unterteilung wird man auch der Forderung nach Schaffung hinreichender Reserven für den Fall einer Betriebsstörung gerecht.

Handelt es sich um kleinere Anlagen, so kann der Dieselkompressor auch mit einer Dynamo gekuppelt werden, wodurch eine für Bordzwecke besonders gut geeignete Maschinengruppe entsteht. Man ordnet dann die Dynamo zweckmäßig zwischen Dieselmotor und Kompressor an, wie Bild 2 zeigt, und sieht außerdem zwischen Dynamo und Kompressor eine ausrückbare Kupplung *K* vor. Dadurch hat man den Vorteil, entweder beide Arbeitsmaschinen — Dynamo und Kompressor — gleichzeitig betreiben zu können, soweit es die Belastung des Dieselmotors zuläßt, oder nur die Dynamo allein, indem man den Luftverdichter mittels der Kupplung *K* ausrückt. Man kann auch nur den Luftkompressor betreiben und läßt hierbei die Dynamo unerregt mitlaufen. Derartige sich den Bordverhältnissen wegen ihrer vielseitigen Verwendbarkeit besonders gut anpassenden Maschinenanlagen wurden von der AEG bisher in einer Gesamtzahl von nahezu 30 Stück geliefert.

Bild 2. Diesel-Dynamo-Kompressor.
(Leistung des Dieselmotors 120 PSe, der Dynamo 75 kW, der Luftpumpe 300 m³/h auf 65 atü.)

*) Vgl. AEG-Mitteilungen 1927, Heft 1

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Die Maschinenanlagen des Kraftwerkes Frimmersdorf.

Mitteilung der AEG.

Im Juni 1926 wurde der erste Ausbau des Kraftwerkes Frimmersdorf der Niederrheinische Licht- und Kraftwerke A.-G., Rheydt, in Betrieb genommen. Die gesamten Projektierungs- und Bauleitungsarbeiten lagen in Händen der AEG, die auch die neu aufgestellte 10 000 kW-Turbogruppe (Bild 1), sowie die elektrische Ausrüstung des Werkes lieferte.

Das Werk (Bild 2) ist nach modernen Grundsätzen projektiert und errichtet und die Anordnung so getroffen, daß die Leistung durch organisch angegliederte Erweiterungen mit der Zeit auf 50 000 kW gebracht werden kann.

Das Kesselhaus enthält im ersten Ausbau 4 Steilrohrkessel von je 650 m² Heizfläche. Der Kesseldruck beträgt 18 atü, die Temperatur hinter dem Überhitzer bis zu 400°. Die nach DRP 302 351 ausgeführten gußeisernen Glattrohr-Ekonomiser von je 468 m² Heizfläche erwärmen das Speisewasser von 40 auf 120°.

Da die volle Kesselleistung von 26 000 kg/h entsprechend einer Heizflächenbelastung von 40 kg/m² mit Kohle von nur 1600 WE Heizwert erzeugt werden muß, ergab sich für jeden Kessel eine Rostfläche von 37,8 m², die auf sechs Roste von je 1410 mm Breite verteilt wurde. Außerdem ist jedem Rost ein schachtförmiger Vortrockner vorgeschaltet. Diese Verhältnisse verursachten eine außergewöhnliche Kesselbreite. Die ungeteilt ausgeführten Obertrommeln beispielsweise sind 10 500 mm lang. Die große Breite verlangte besondere Maßnahmen zur Erzielung einer genügenden Elastizität des Kesselkörpers, dessen Nachgiebigkeit auch deshalb wichtig ist, damit bei dem nicht immer vermeidbaren ungleichmäßigen Abbrand der einzelnen Roste keine gefährlichen Wärmespannungen entstehen können. Zur Zeit dürften die Kessel in Frimmersdorf zu den breitesten deutschen Kesseln gehören.

Das Kesselhaus wird im vollständigen Ausbau 14 Kessel in zwei Reihen erhalten. Ein Schornstein von 100 m Höhe reicht für eine solche Reihe, d. h. für sieben Kessel aus. Er ist jedoch so fundiert und ausgeführt, daß er gegebenenfalls auf 115 m erhöht werden kann.

Zur Regelung des Zuges dient ein ferngesteuerter Gentrup-Schieber.

In einem besonderen Pumpenhause sind die Kesselspeisepumpen, die Wasseraufbereitungsanlage, sowie zwei Kondensat- und zwei Reinwasserbehälter von je 25 m³ Inhalt und die Hilfspumpen untergebracht. Wichtige Rohrleitungen sind als Ringleitungen ausgeführt.

Bild 1. Maschinenhaus, 10 000 kW Turbogruppe.

Das Maschinenhaus wurde im ersten Ausbau für die Aufnahme von zwei Turbogruppen bemessen; zunächst gelangte jedoch nur eine mit einer Leistung von 10 000 kW zur Aufstellung. Die Turbine ist eine Zweigehäusemaschine für Dampf von 15,5 atü bei 350°, die Drehzahl beträgt 3000 U/min. Der unmittelbar angetriebene und starr mit der Turbine gekuppelte Generator erzeugt Drehstrom von 6300 V und 50 Per/s. Die Dauerleistung beträgt 12 500 kVA bei $\cos\varphi = 0,8$.

Die angesaugte Frischluft wird in einem Viscin-Zellenfilter gereinigt.

Zum Schutze gegen Wicklungsbrände erhielt der Generator eine Frischdampflöscheinrichtung.

Die Kondensationsanlage besteht aus einem Oberflächen-Kondensator mit einer Kühlfläche von 1250 m². Die zugehörigen Pumpen (Kühlwasser-, Kondensat- und Aufschlagpumpe für den Wasserstrahlluftsauger) werden normalerweise elektrisch angetrieben, beim Ausbleiben der Spannung wird der Dampfantrieb selbsttätig eingeschaltet.

Abb. 2. Kesselhaus, Nebenräume, Maschinenhaus, Betätigungsraum, 50 kV Schalthaus. Ansicht von Süden.

Das Kühlwasser wird der Erft entnommen und zunächst in einer Reinigungsanlage durch umlaufende Siebbandrechen gereinigt. Durch einen 120 m langen, abgedeckten Doppelkanal gelangt es zu den Saugeschächten der Kühlwasserpumpen. Alle Teile der Wasserführung können durch Schieber bzw. Dammbalken abgesperrt und zugänglich gemacht werden.

Bemerkenswert ist eine besondere Auftauleitung, durch die erwärmtes Kühlwasser vor die Einlaufrechen zurückgeführt werden kann, um ein Einfrieren derselben zu verhindern.

Eine ausführliche Beschreibung des Werkes ist in AEG-Drucksache K 2/1033 gegeben.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Ieberwachung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in industriellen Trockenanlagen.

Mitteilung der AEG.

Wirtschaftliche Bedeutung. Die Messung der Luftfeuchtigkeit ist bei Herstellung vieler Varen von fabrikatorischer und wärmewirtschaftlicher edeutung. Dies trifft namentlich für die mit Dampf eheizten Trockeneinrichtungen der chemischen und extilindustrie zu. Beim periodischen Trockenprozeß ist s wesentlich, den Abschluß der Trocknung ohne Öffnen es Schrankes zu erkennen, denn beim Probeöffnen erliert man Dampf und Zeit; beim fortlaufenden Vorang aber, z. B. in den Trockenmaschinen der Textilndustrie, gilt es, jenen günstigsten Feuchtigkeitsgehalt tändig einzuhalten, der eine Dampfverschwendung auschließt und die Güte des Fabrikats gewährleistet. Aus Iangel an geeigneten Apparaten wurden die Trockennrichtungen vielfach ohne jede wirtschaftliche Konolle betrieben. Die bisher bekannten Feuchtigkeitsesser gestatten bestenfalls die gelegentliche Feststellung nes einzelnen Wertes; in vielen Fällen jedoch ist die Iessung mit ihnen überhaupt unmöglich, teils wegen der hen Temperaturen, die häufig 100° überschreiten, teils egen der Unzugänglichkeit der Meßstellen oder aber eshalb, weil oft, wie z. B. bei akuumtrockenschränken, ein robeöffnen während des Beiebes nicht durchführbar ist.

Der Ranarex-Feuchtigkeitsmesser, der den Vasserdampfgehalt der Luft rtlaufend anzeigt und mit ilfe einer Schreibvorrichtung gistriert, ermöglichte zum sten Male eine dauernde irtschaftliche Überwachung s Trockenvorganges auch ter schwierigsten Betriebserhältnissen.

Das Meßsystem des Ranaex-Feuchtigkeitsmessers ist ne Gaswage. Feuchte Luft t ein Wasserdampf-Luftgeisch, dessen vom jeweiligen ischungsverhältnis abhängige ichte unmittelbar auf der in olumenprozent Wasserdampf n Luft) eingeteilten Skala gezeigt wird. Reiner Wasserampf ist 0,62mal so leicht wie Luft. Die Luft wird also rch Beimengung von je einem Volumenprozent Wasserampf, der in überhitztem Zustande als ideales Gas auffaßt werden kann, um einen ganz bestimmten Betrag res Gewichtes leichter. Der Apparat ist mit Doppelala ausgerüstet, und zwar für 0 bis 15 vH absolute euchtigkeit, sowie mit den dazugehörigen Taupunktemperaturen, mit denen die relativen Feuchtigkeitsgelte leicht zu bestimmen sind.

Um den Feuchtigkeitsgehalt der Luft durch die ichtemessung feststellen zu können, muß dafür gesorgt erden, daß die Feuchtigkeit auch tatsächlich in Dampfrm in die Meßkammer kommt, d. h. daß sich weder in r Zuleitung noch in der Meßkammer Wasser niederhlägt. Zu diesem Zweck sind beide Meßkammern elektsch auf etwa 55° Übertemperatur gegen Außenluft heizt, ebenso der Verbindungsschlauch zwischen Enthmestelle und Apparat.

Meist genügt bei der Messung die Feststellung der uchtigkeitszunahme der aus der Trockeneinrichtung stretenden Luft gegenüber der in sie eintretenden. Es rd dann die Eintrittsluft in die untere Meßkammer des narex gesaugt. Interessiert der wirkliche Feuchtigitsgehalt, dann wird die Vergleichsluft getrocknet, inm sie über Chlorkalzium geleitet wird.

Absolute und relative Feuchtigkeit. ir jeden absoluten Feuchtigkeitsgehalt gibt es eine bemmte Temperatur, die sogenannte Taupunkt-Temperar, bei der die Luft gerade mit Feuchtigkeit gesättigt , d. h. die zugehörige relative Feuchtigkeit 100 vH beigt. Wird z. B. im Trockenschrank eine Temperatur n 50° gemessen, dann würde, wie aus der Doppelskala sichtlich ist, die dieser Temperatur entsprechende Sättingsmenge etwa 12,5 vH H_2O absolut betragen. Der Ranarex möge jedoch nur 5 vH H_2O absolut anzeigen, dann ergibt sich die im Trockenschrank herrschende relative Feuchtigkeit zu $\frac{5 \cdot 100}{12,5} = 40$ vH. Mit der Doppelskala läßt sich also auch die relative Feuchtigkeit sofort feststellen.

Feuchtigkeitsmesser am Trockenschrank einer Textilfabrik.

Der periodische Trockenvorgang. Eine bestimmte Menge feuchter Ware wird in den Schrank eingebracht, dessen Türen bis zum Abschluß der Trocknung geschlossen bleiben. Nach einer verhältnismäßig kurzen Anheizperiode wird der Höchstpunkt der Verdunstung, d. h. der höchste Prozentgehalt an Feuchtigkeit bzw. an Mehrfeuchtigkeit der Abluft gegenüber Frischluft erreicht. Dann findet ein langsames, sich stetig über die ganze Dauer des Trockenvorganges erstreckendes Abfallen bis auf 0 statt. Durch die ständige Anzeige dieses im Innern des Schrankes herrschenden Feuchtigkeitsgehaltes auf großer übersichtlicher Skala ist dem Bedienungspersonal nicht nur eine jederzeitige Kontrolle der richtigen Heizdampfeinstellung möglich, sondern es wird auch zu langes Trocknen verhütet, das Dampf und Zeit kostet, und durch das in vielen Fällen die Güte der Ware leidet, wie z. B. beim Trocknen von Farbe und Wolle.

Die direkte Anzeige wird durch die Registrierung ergänzt, die zur Gewinnung eines Überblicks über den gesamten Verlauf der Trocknung dient.

Der kontinuierliche Trockenvorgang. In ununterbrochener Folge tritt die feuchte Ware auf der einen Seite in die meist mit Dampf beheizte Trockenanlage ein und verläßt diese auf der anderen in trocknem Zustand; gleichzeitig wird die durch Ventilatoren angesaugte Luft in entgegengesetzter Richtung über das zu trocknende Gut geführt; sie reichert sich hierbei mit Feuchtigkeit an. Bestimmte Textiltrockenmaschinen, die das Tuch in endlosem Bande durchstreicht, besondere Arten Wolltrockner, die Trockenschränke mit beweglichen Horden, die man in Zündwarenfabriken häufig antrifft, die Trommeltrockner der Zuckerraffinerien und viele andere, den verschiedensten Industriezweigen angehörige Trockeneinrichtungen dienen kontinuierlichen Trockenprozessen.

Man hat, vom wärmewirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, ein hohes Interesse daran, daß die geheizte Trockenluft die kontinuierlich arbeitende Anlage möglichst hoch mit Feuchtigkeit gesättigt verläßt. Abgesehen hiervon ist in vielen Fällen eine bestimmte Temperatur und Luftmenge, bei der die Trocknung nicht zu schnell oder auch nicht zu langsam stattfindet, auf die Güte des Fabrikates von Einfluß. Die Messung durch den Ranarex-Apparat, auf dessen Doppelskala sich auch die relativen Feuchtigkeitsgehalte wie aus einer Dampftabelle ablesen lassen, ermöglicht dem Betriebsleiter, nach einigen Beobachtungen über die zweckmäßige Führung der Trockenluft, Regelung von Heizdampf, der Luftmenge usw. den günstigsten Betriebszustand herzustellen. Dieser kann dann mühelos an Hand der fortlaufenden Anzeige des Ranarex auch von ungeschultem Personal überwacht werden. Da schon geringe Abweichungen erkennbar sind, läßt sich mit Hilfe der übersichtlichen Taupunktskala ein sehr hoher Feuchtigkeitsgehalt der Abluft einhalten, ohne daß eine Kondensation von Wasserdampf in Kauf genommen zu werden braucht, die, wie z. B. bei der Trocknung von Papier und Lackleder, die Ware leicht verdirbt.

Sparsame Betriebsführung und ein gleichmäßig gutes Fabrikat, also eine Herabsetzung der Ausschußziffer, sind die Hauptvorzüge, welche die Überwachung der Trockenanlage durch Ranarex-Feuchtigkeitsmesser verspricht.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G. m. b. H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN

für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE

Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG

Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE

ORIGINAL MSN AUFZÜGE

Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

AUFZÜGE

Elektro-Flaschenzug
Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

AUFZÜGE

DEMAG
bekannt als Demagzüge,
¼ bis 5 t Tragkraft,
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen- und Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE STAHL

Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

in Sonderheit Lastenaufzüge mit und ohne Führerbegleitung für Zechen, Fabriken, Lagerhäuser, jeder Betriebsart, Tragkraft und Größe
Windscheid & Wendel
Eisengießerei und Maschinenfabrik
Düsseldorf-O.

AUFZÜGE, KRANE

Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge
Maschinenfabrik Wiesbaden

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUFZUGS-SCHIENEN-SCHMIER-APPARATE

D. R. P.
HELIOS
HELIOS-APPARATE
Wetzel & Schloßhauer
Berlin W 10, Bendlerstr. 11.

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör
Gaswerkzeuge für alle Gasarten.
Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

BRUNNENBAU

(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

KREUSER-DAMPFHÄMMER

D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser
G. m. b. H.
Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER

Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung Elektr. Fernübertragung.
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- un[d] Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER

Fabrik- J C E -Zeichen
Belastungsmesser, Rauchgasprüfe[r], Wassermesser, Trommelflüssi[g]keitsmesser
Luftmengenmesser, Zugmesser, Thermometer, Manometer, Vacuu[m]meter, anzeigend u. schreibend, au[ch] mit ablaufenden Schreibstreifen
J. C. Eckardt A.-G.
Stuttgart-Cannstatt

DAMPFMESSER

aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-DAMPFMESSER

Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend m[it] automatisch. Druckberücksichtigu[ng]
Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 3[...]
in Hunderten von Ausführung[en] geliefert für Dampfmaschine[n], Dampfhämmer, Walzenzugmasch[i]nen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R
Feodor Stabe Apparatebauansta[lt]
Berlin SO 26

PONDO-DAMPFMESSER

mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (30 mm) Mk. 15,12 netto pro Einschaltun[g]

DIESELMOTORE

ohne Kompressor und ohne Ventil[...] von 4 PS aufwärts.
Gerlach-Werke Akt.-Ges.
Nordhausen L (Harz).

DIESELMOTORE-

Dichtungsmaterialien;
desgl. für Dampfmaschinen
fertigt als Spezialität seit 25 Jahre[n]
Markus M. Bach, Berlin W 15

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Die elektrischen Anlagen des Kraftwerkes Frimmersdorf.

Mitteilung der AEG.

Da erfahrungsgemäß die Betriebssicherheit eines Kraftwerkes weitgehend abhängig ist von der Sicherheit der Schaltanlage, wurde bei der Projektierung des Kraftwerkes Frimmersdorf, über dessen Maschinenanlage in Heft 9 dieser Zeitschrift S. 41 berichtet ist, auf die Ausgestaltung der Schaltanlage besondere Sorgfalt verwendet. Demgemäß sind die Apparaturen für 6 kV (Erzeugungsspannung) und 55 kV (Verteilungsspannung) in zwei vollständig getrennten Häusern untergebracht. Bild 1 zeigt die Außenansicht der Schalthäuser, von NW aus gesehen, Bild 2 einen Querschnitt. Wie ersichtlich, sind die Bedienungsgänge, von denen aus auch die Trennschalter (vermittelst Gestänge) betätigt werden, gegen die darüber liegenden Sammelschienenräume hin offen. Die Stellung der Trennschalter kann daher von dem Bedienenden unmittelbar beobachtet werden, der somit normalerweise keine Räume mit hochspannungführenden Teilen zu betreten braucht.

Bild 1. Ansicht des 6 kV-Hauses und des Überganges, von NW.

Die 6 kV-Anlage nimmt die erzeugte Energie auf und verteilt sie auf die nach der benachbarten Grube führenden Kabel und die Hauptumspanner. Zur Vereinfachung der Anlage ist die Synchronisierung ausschließlich auf die 6 kV-Seite beschränkt. Da der Kupplungsschalter ebenfalls an diese angeschlossen und mit einer entsprechenden Abschaltleistung ausgelegt ist, bildet er eine vollständige Reserve für die übrigen Schalter.

Jedes Sammelschienensystem erhielt zum Abführen statischer Ladungen Ableitungsdrosseln, an deren Sekundärwicklungen die Erdschlußkontrolle liegt.

Außerdem erhält das 6 kV-Haus 3 Zellen für die Werkumspanner.

Der Aufbau der 55 kV-Anlage ist durch die gleichen Merkmale gekennzeichnet, weist jedoch eine andere Grundrißlösung auf, da dieses Schalthaus auch zur Aufnahme der Hauptumspanner sowie der zugehörigen Kühleinrichtungen dient. Im ersten Ausbau des Werkes wurden zwei Umspanner von je 12 500 kVA mit einem Übersetzungsverhältnis von 57 500/55 000/52 500/6300 aufgestellt. Die Kühlung geschieht durch Ölumlauf und luftgekühlte Rippenrohrkühler, die durch je zwei Ventilatoren belüftet werden. Ein Überschreiten der zulässigen Temperatur wird durch Kontaktthermometer, ein Aussetzen des Ölumlaufes durch Signalrückschlagklappen nach dem Betätigungsraum gemeldet.

An abgehenden Leitungen ist vorläufig nur eine Doppelleitung vorhanden, die das Werk Frimmersdorf mit Rheydt verbindet. Die Schutzeinrichtungen sind die gleichen wie auf der 6 kV-Seite außerdem sind jedoch den Umspannern auf der Oberspannungsseite Campos-Drosselspulen vorgeschaltet.

Da, wie erwähnt, nur auf der 6 kV-Seite synchronisiert wird und die Meßeinrichtungen an die Sekundärwicklungen der Ableitungsdrossel angeschlossen sind, fielen Spannungswandler in der 55 kV-Anlage überhaupt fort. Die Schalthäuser sind mit den übrigen Baulichkeiten durch einen Übergang verbunden (Bild 1); dieser überbrückt die durch das Grundstück führende Straße nach Frimmersdorf. Durch das Treppenhaus (Bild 1) gelangt man unmittelbar in den Hauptbetätigungsraum, der am Ende des Maschinenhauses liegt. Die Meß- und Betätigungsleitungen sind in besonderen Kanälen verlegt, so daß sie jederzeit leicht zugänglich sind.

Der Betätigungsraum enthält außer der Hauptschalttafel und den Schaltspulen auch die Niederspannungsverteilungstafel sowie die Relais- und Zählertafeln, die somit alle in einem Raume vereinigt sind, so daß die Bedienung normalerweise durch eine Person erfolgen kann. Unterhalb des Betätigungsraumes sind die Regler aufgestellt. Hier wurden die Meß- und Betätigungskabel auf Registern verlegt, wodurch besondere Kanäle in Fortfall kamen.

Bild 2. Querschnitt durch die Schalthäuser.

Die Schaltkästen der Niederspannungsverteilung sowie die Verteilungskästen der Beleuchtungsanlage sind durchweg eisengekapselt ausgeführt, wobei die erstgenannten infolge ihrer besonderen Konstruktion zu gefälligen Gruppen vereinigt werden konnten.

Die Anlage, die sich trotz ihres Umfanges durch Übersichtlichkeit und leichte Bedienbarkeit auszeichnet, ist seit Juni 1926 in Betrieb.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Bremsdynamos.

Mitteilung der AEG.

Die Vorzüge der Bremsdynamos gegenüber den nechanischen Bremseinrichtungen bestehen in der großen Sauberkeit des Betriebes, der genauen und bequemen Einstellung der Belastung und der Möglichkeit, die abgebremste Energie in Form von elektrischem Strom vieder nutzbar zu machen. Da die Bremsdynamo auch hne weiteres als Motor verwendbar ist, besteht bei der

Bild 1. Bremsdynamo mit pendelndem Gehäuse.

'rüfung von Explosionsmotoren ferner die Möglichkeit es Anwerfens der Kraftmaschinen mit Hilfe der Beistungsmaschine und der genauen Bestimmung der Reiungsverluste ohne Brennstoffzufuhr. Fabrikations- und Iontagefehler werden schnell entdeckt, bevor sie größeres Unheil anrichten.

Die einfachste und billigste Maschine für Belastungswecke ist die Gleichstrommaschine. Daneben findet ich die Drehstrommaschine Verwendung, sobald es sich

Bild 2. Pendelbremsdynamo beim Arbeiten auf Widerstände.

n kleinen Regelbereich und um höhere Drehzahlen ndelt, für welche die Gleichstrommaschine nicht mehr i Frage kommt.

Mechanisch ist zwischen den Maschinen mit festehendem und pendelndem Gehäuse zu unterscheiden. le Dynamo mit feststehendem Gehäuse ist für die allglich sich wiederholenden Prüfungen der fertiggstellten Maschinen, für deren Einlaufen und ihre Prüfig auf geräuschlosen Gang usw. am Platze. Handelt sich jedoch um Messungen an Neukonstruktionen, um genaue Feststellungen der Verluste auch bei Teillasten und verschiedenen Drehzahlen, so ist die Maschine mit pendelndem Gehäuse zu bevorzugen (Bild 1 und 2). Die Dynamo mit pendelndem Gehäuse wird von der AEG als Lagerschild-Type gebaut, jedoch ist die Welle nicht nur in den beiden Lagerschilden, sondern außerdem auch in zwei Lagerböcken gelagert, so daß das Gehäuse auch die Möglichkeit hat, sich innerhalb von zwei angebrachten Anschlägen um seine Achse zu drehen. Sobald nun die Maschine als Dynamo oder als Motor arbeitet, d. h. sobald der Anker sich in Bewegung setzt, sucht das Gehäuse infolge der auftretenden elektromotorischen Kraft an der Drehung teilzunehmen, wird aber durch die eben erwähnten beiden Anschläge daran gehindert. Durch Anbringung eines Gewichtes auf einem der auf beiden Seiten des Gehäuses angebrachten Hebelarme wird ein dem Drehsinn des Gehäuses entgegenwirkendes Drehmoment hergestellt, das derartig abgestimmt werden kann, daß das Gehäuse frei wie eine Wage schwingt. Die Größe dieses Drehmomentes (Belastungsgewicht mal Hebelarm) gibt unmittelbar unter Berücksichtigung der Drehzahl das Maß für die zu übertragende Leistung an. In der Regel werden jeder Bremsdynamo Kurven bzw. Zahlentafeln mitgegeben, die ein Ablesen der Belastung

Bild 3. Prüfmotor zur Ermittlung der Verluste eines Zahnradgetriebes.

aus den gemessenen Stromstärken der Belastungsmaschine unmittelbar gestatten. Diese Kurven bzw. Tabellen werden von vornherein derartig aufgestellt, daß auch die Verluste in den Lagerböcken und die Luftreibung, Werte, die bei der Prüfung nicht direkt erfaßt werden können, mit berücksichtigt werden.

Beim Arbeiten einer Gleichstrommaschine auf ein Gleichstromnetz wird diese so ausgelegt, daß noch etwa bei ⅓ der höchstzulässigen Umdrehungszahl die normale Netzspannung erreicht wird. Sinkt die Drehzahl unter diesen der Berechnung der Dynamo zugrunde gelegten Wert, so ist nur ein Arbeiten auf Widerstände möglich. Soll die Belastungsmaschine die abgebremste Energie an ein Drehstromnetz abgeben, so ist die Zwischenschaltung eines Gleichstrom-Drehstrom-Umformers erforderlich. Die dauernden Verluste dieses rotierenden Umformers beeinflussen die Rentabilität um so weniger, je länger die Prüfungen dauern. Für nur kurzzeitig in Betrieb befindliche Belastungsmaschinen wird man in derartigen Fällen von einer Rückgewinnung der abgebremsten Energie absehen und dementsprechend die Vernichtung in Widerständen vornehmen. Ein Beispiel für die Verwendung der Belastungsmaschine als Meßmotor zur Bestimmung der Verluste eines Zahnradgetriebes zeigt Bild 3.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Drehstrom-Pumpenmotoren für schlagwetterhaltige Grubenräume.

Mitteilung der AEG.

Der Bergbau hat von jeher dem Maschinenbau und der Elektrotechnik eine Fülle von Aufgaben gestellt, deren Lösungen wesentlich zu den wirtschaftlichen Fortschritten im Bergbau beitrugen; andererseits ist der Bergwerksbetrieb mit seinen mannigfachen Einrichtungen wie kein anderer Industriezweig das Feld freiester Betätigung für Maschinenbau und Elektrotechnik.

Von den vielerlei Aufgaben dieser beiden Schwestergebiete ist die Fortschaffung der Grubenwässer aus den großen Teufen eine der wichtigsten. Die elektrisch angetriebene Kreiselpumpe ist heute das einfachste und betriebsicherste Mittel, um die Wässer zutage zu heben.

Bild 1. AEG-Drehstrom-Asynchronmotor 500 kW, 1480 U/min, ventiliert geschlossen mit außenliegenden, stahlgußgekapselten Schleifringen.

Bei den zum Antrieb dieser Pumpen fast ausschließlich zur Verwendung gelangten asynchronen Drehstrommotoren mit Schleifringläufer ist es nicht zu vermeiden, daß an den Bürsten, wenn auch nur für ganz kurze Zeit, Funken auftreten. Diese können zu Entzündungen Anlaß geben, sofern ein derartiger Motor in einem durch Schlagwetter gefährdeten Raum aufgestellt werden muß. Zwar werden größere Pumpenkammern meist so angelegt, daß sie vom einziehenden Luftstrom bewettert werden. Diese Maßnahme läßt sich aber nicht immer durchführen, so daß bei den Motoren die Bauart nach den besonderen Vorschriften für schlagwetterhaltige Räume gewählt werden muß. Nach diesen müssen alle Teile an elektrischen Maschinen und Apparaten, an denen betriebsmäßig Funken auftreten können, schlagwettersicher gekapselt werden. Ferner ist es erforderlich, daß alle Teile, die in außergewöhnlichen Fällen durch Berührung oder durch Eindringen von Fremdkörpern zu Funkenbildungen Anlaß geben können, besonders mechanisch geschützt sind, schließlich muß eine gefahrbringende Erhitzung aller Teile vermieden werden.

Bild 2. AEG-Drehstrom-Asynchronmotor 250 kW, 1480 U/min, ventiliert geschlossen, mit außenliegenden, stahlgußgekapselten Schleifringen.

Diese drei Bedingungen werden von der AEG bei der Ausführung dementsprechender Drehstrommotoren mit Schleifringläufern in vollem Maße berücksichtigt. Betriebsmäßig können Funken bei Drehstrom-Maschinen nur an den Anlaß-Schreifringen auftreten. Daher legt man diese außerhalb des Motorgehäuses und schließt sie z. B. in eine Stahlgußkapsel ein. Bild 1 und 2 zeigen derartige Ausführungsformen größerer Motoren. In Bild 2 ist die Kappe von den Schleifringen entfernt; man kann erkennen, daß der Flansch dieser Kappe und der Gegenflansch glatt bearbeitet und besonders breit gebaut sind. Durch diese zweckmäßige Ausführung werden Dichtungen überflüssig, die bei etwa eintretenden Explosionen leicht herausgedrückt werden würden. Die Kapsel für die Schleifringe ist entsprechend den Vorschriften für einen Überdruck von 8 atü bemessen und hat im Innern keinerlei Unterteilungen.

Um das Eindringen von Fremdkörpern in den Motor und damit Beschädigung der Wickelköpfe zu verhindern, werden die für den Luftein- bzw. Luftaustritt erforderlichen Stutzen an den sonst geschlossenen Lagerschilden durch perforierte Bleche abgedeckt (Bild 1 bis 3). Ferner ist der Luftspalt den Vorschriften entsprechend vergrößert. Dadurch wird das Schleifen des Läufers an den Gehäuseblechpaketen praktisch vollkommen unmöglich und somit auch dieser Gefahr einer etwaigen Funkenbildung vorgebeugt. Dem letzten der drei Hauptpunkte der Vorschriften bezüglich der Erwärmung der Motoren ist dadurch Rechnung getragen, daß die Normalleistungen der Maschinen etwa 15 bis 20 vH herabgesetzt werden. Dies entspricht einer um 10° zurückgesetzten Erwärmungsgrenze gegenüber der normalen nach REM 1923. Durch die Verminderung der Leistung verbunden mit der Vergrößerung des Luftspaltes ist eine Erniedrigung des Leistungsfaktors mit in Kauf zu nehmen.

Das in Bild 3 dargestellte Aggregat machte eine Unterbringung der erforderlichen Druckstufen der Pumpe, infolge geringer Wassermenge bei hohem Druck, in zwei Pumpengehäusen erforderlich. Dadurch mußte der Drehstrom-Asynchronmotor mit zwei freien Wellenenden und außenliegenden, stahlgußgekapselten Schleifringen zwischen den beiden Pumpenteilen aufgestellt werden. Diese Ausführungsform des Motors ist natürlich eine Sonderkonstruktion, die höchste Anforderungen an die bauende Firma stellt. Das Aggregat, das mit etwa 1470 U/min läuft, ist für ein Bergwerk in Rußland gebaut worden. Die Pumpen, die von der Firma Weise Söhne, Halle, hergestellt sind, fördern, hintereinandergeschaltet, 835 l/min auf 500 m Förderhöhe bei einem Kraftbedarf von etwa 136 PS an der Welle.

Bild 3. AEG-Drehstrom-Asynchronmotor 126 kW, 1470 U/min, ventiliert geschlossen, mit außenliegenden, stahlgußgekapselten Schleifringen und zwei freien Wellenenden zum Antrieb einer Kreiselpumpe von 2×10 Stufen.

Bei Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufern fallen naturgemäß die Stellen, an denen betriebsmäßig Funken auftreten, fort, da Schleifringe nicht vorhanden sind. Die Läuferstäbe und die Kurzschlußringe werden durch Hartlöten sicher miteinander verbunden. Alle übrigen Sicherheitsmaßnahmen bleiben die gleichen wie bei den Schleifringläufer-Maschinen.

Die von der AEG getroffenen Maßnahmen entsprechen den VDE-Vorschriften, was durch Bescheinigungen der Versuchstrecke bestätigt wird. Übrigens sei erwähnt, daß, soweit bekannt, von den vielen nach obigen Vorschriften gebauten AEG-Motoren noch keiner eine Explosion verursacht hat.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

AEG-Kolbenkompressoren für Schiffszwecke.

Mitteilung der AEG.

Der Kolbenkompressor ist der ständige Be-iter des mit Druckluftzerstäubung arbeitenden Diesel-tors. Er hat die für das Einblasen des Brennstoffes forderliche Druckluft zu liefern, deren Spannung ist zwischen 55 und 65 atü liegt, und muß außerdem en Teil der von ihm erzeugten Preßluft zum Auf-len der Anlaßgefäße des Dieselmotors abgeben, da ser zur Inbetriebsetzung Druckluft benötigt. Lange it stand der Kompressor in dem Ruf eines notwen-gen Übels, weil seine Betriebssicherheit zu wünschen rig ließ, ein Urteil, das heute nicht mehr berechtigt . Man hat inzwischen gelernt, durch richtige Kon-uktion, durch sachgemäße Wahl der Baustoffe und rch zweckmäßige Durchbildung der Ventile die hwierigkeiten so zu beherrschen, daß der Luftver-hter an Betriebssicherheit dem Dieselmotor selbst cht mehr nachsteht.

Bild 1. Querschnitt durch den Kompressorzylinder.

Nahezu ausnahmslos pflegt man heute die vorgeschriebene Entspannung der Luft durch Wahl einer dreistufigen Verdichtung zu erzeugen. Zwischen je zwei Stufen und beim Austritt aus der HD-Stufe wird die Luft durch einen Röhrenkühler geleitet, in dem sie auf etwa 30° rückgekühlt wird, einmal um die Kompressionsarbeit zu vermindern — da kalte Luft einen geringeren Arbeitsaufwand zur Verdichtung erfordert als heiße —, und ferner um dem aus der verdichteten Luft ausfallenden Wasser, das von der Luftfeuchtigkeit herrührt, Gelegenheit zum Abscheiden zu geben. Ein in dieser Weise arbeitender großer Kolben-mpressor ist in Bild 1 im Schnitt dargestellt. Die ederdruckstufe *a* wird von einer aus zwei abstumpften Kegelmänteln bestehenden Ringfläche ge-det, deren Höhe durch die Zahl der unterzubringen-n Ventile bedingt ist. Auch die Mitteldruckstufe *b* steht aus einer Ringfläche vom gleichen Außendurch-esser (860 mm) wie der ND-Teil, sie ist aber mit 5 mm Innendurchmesser wesentlich schmaler als die ederdruckstufe. Der Hochdruckzylinder *c* hat nur ch 172 mm Durchmesser. Der Kompressorkolben voll-hrt einen Hub von 400 mm. Die Luft wird durch drei utzen *d* direkt aus dem Maschinenraum angesaugt d, nachdem sie in einer Stufe verdichtet ist, durch hrenkühler *e* zurückgekühlt. Der Rohrstutzen *f*, der e scharfe Richtungsänderung der aus einem Kühler stretenden Luft vermittelt, dient als Wasserabschei-r. Die rechts im Bild 1 sichtbare Trommel *g* ist der kühler.

Einen Überblick über die Anordnung der Luftven-e am Kompressorzylinder gibt Bild 2. Die unterste ihe *a* zeigt die Öffnungen für die vier Mitteldruck-ugventile; die vier Mitteldruck-Druckventile liegen symmetrisch dazu auf der Rückseite des Zylinders und sind im Bild nicht sichtbar. Der rechts an das MD-Ventilgehäuse anschließende Stutzen S_1 führt die aus dem ND-Kühler kommende, in der ND-Stufe vorkomprimierte Luft den MD-Saugventilen zu. Die über *a* liegenden beiden Reihen *b* und *c* sind die ND-Saugventile; ihre Zahl beträgt in diesem Fall, wo es sich um eine sehr große Luftmenge handelt, nicht weniger als 24, während man bei den ND-Druckventilen (Reihen *d* und *e*), in denen das Luftvolumen schon abgenommen hat, mit 20 Ventilen auskommt. Mitten zwischen den Ventilen der Reihe *b* ist einer der drei Luftansaugestutzen S_2 erkennbar, durch den die Luft aus dem Maschinenraum den ND-Saugventilen zuströmt; die im Bild sichtbare Öffnung wird zur Dämpfung des Ansaugegeräusches durch ein geschlitztes Blechrohr verschlossen. Der Stutzen S_3 dient zur Überleitung der aus den ND-Druckventilen austretenden Luft in den ND-Kühler. Ganz oben im HD-Zylinder sind einige der Öffnungen für die HD-Druckventile *f* zu sehen, während die HD-Saugventile *g* im Deckel untergebracht sind. Die Kanäle für die Luftführung zu und von den HD-Ventilen sind im HD-Zylinderkopf eingegossen. Die Zahl der HD-Ventile beträgt wie bei den MD-Ventilen je vier.

Bild 2. Gehäuse eines Kompressors.

Bild 3, das einen fertig montierten Luftpumpenkolben mit dem Bolzen und der kurzen Schubstange zeigt, gibt eine Vorstellung von der Größe eines solchen Kompressors. Das Gewicht eines derartigen Kolbens einschließlich Schubstange beträgt 2500 kg.

Von Kolbenkompressoren dieser Bauart haben bisher nicht weniger als 188 Stück die Werkstätten der AEG verlassen; sie wurden sämtlich zum Einbau auf Fracht-Motorschiffen verwendet. Die Kolbendurchmesser liegen zwischen den Grenzen von 200 und 880 mm, der Hub bewegt sich zwischen 160 und 400 mm. Die Kompressoren befinden sich zum Teil seit sechs Jahren in angestrengtestem Dauerbetrieb an Bord von Schiffen, eine Tatsache, welche die eingangs erwähnte Aussage über die Betriebssicherheit der AEG-Kolbenkompressoren rechtfertigt.

Bild 3. Fertig montierter Kompressorkolben mit Schubstange.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

D-Heißdampf-Tenderlokomotiven für die Flensburger Kreisbahn.

Mitteilung der AEG.

Für die Flensburger Kreisbahn mit ihren schwierigen Streckenverhältnissen, die viel Steigungen bis 1:40 aufweisen, lieferte die AEG zwei D-Heißdampf-Tenderlokomotiven mit folgenden Hauptabmessungen:

Spurweite	1000	mm,
Zylinderdurchmesser	400	„
Kolbenhub	450	„
Raddurchmesser	900	„
Dampfüberdruck	14	atü,
Rostfläche	0,92	m²,
Verdampfungsheizfläche	46,75	„
Überhitzerheizfläche	16,8	„
Leergewicht	24,4	t,
Dienstgewicht	31	„
Raum für Wasser	3,4	m³,
Raum für Kohle	1	„
Fester Radstand	3300	mm,
Länge über die Puffer	7975	„
Zugkraft (0,6 p)	6720	kg.

Diese Lokomotiven sind mit folgenden Sonderausrüstungen versehen: Knorr-Vorwärmer mit Pumpe, Speisewasserreiniger, Schlammabscheider Bauart Eisenbahn-Zentralamt, selbsttätiger Druckausgleich, Dampfläutewerk Latowsky, Lückhoff-Sandstreuer, Niederdruckdampfheizung, Scharfenberg-Kupplung, verstellbarem Bahnräumer, Bosch-Schmierpumpe, Dampfumschalter, Geschwindigkeitsmesser Deuta, elektrischer Beleuchtung Bauart AEG.

Die Lokomotiven wurden nach den für Klein- und Nebenbahnen vorgeschriebenen Bedingungen und unter Berücksichtigung des Entwurfes der neuen Bestimmungen über den Bau von Fahrzeugen für Schmalspurbahnen gebaut.

D-Heißdampf-Tenderlokomotive.

Alle 4 Achsen der Lokomotiven sind fest im Rahmen angeordnet und die Spurkränze der beiden mittleren um je 10 mm abgedreht. Dadurch ist die Lokomotive in der Lage, Kurven bis herab zu 60 m Halbmesser ohne Zwängen zu durchfahren. Außerdem wurde ein sehr ruhiger Lauf auch bei Geschwindigkeiten bis zu etwa 40 km/h erreicht.

Bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h beträgt die Umdrehungszahl der Räder 178 Umdrehungen in der Minute, während nach der Bauart der Lokomotiven gemäß den Angaben der „Technischen Vereinbarungen" 200 zugelassen werden können.

Der Kessel besteht aus einem Schuß von 2900 mm Länge und nimmt 86 Heizrohre und 18 Rauchrohre auf. Die Kesselspeisung erfolgt durch eine Speisepumpe und einen Injektor mit einer Leistung von je 60 l/min. Das Ausströmrohr der Lokomotive wurde mit einem Umschalter versehen, um den Abdampf beim Durchfahren von Orten mit strohgedeckten Häusern durch ein besonderes Rohr vor dem Schornstein ins Freie zu leiten. Es wird dadurch an diesen Stellen das Anfachen des Feuers und der unter Umständen mögliche Funkenauswurf vermieden.

Der Kessel erhielt ein Wasserstandsglas und 3 Probierhähne, von denen der unterste mit Gasgewinde versehen ist, um von dort aus das warme Wasser zum Reinigen der zur Beförderung von Vieh benutzten Wagen entnehmen zu können. Die Sicherheitsventile sind solche der Bauart Pop. Über dem Hebel des Ventilreglers ist ein zentraler Armaturstutzen angebracht.

Die Lokomotiven sind mit einer Steuerung der Bauart Heusinger versehen unter Aufhängung der Schwinge in Mitte Steuerwelle. Die Dampfverteilung erfolgt durch Kolbenschieber.

Die Federn aus Sonderstahl bestehen aus 8 Blättern von 90 × 10 mm Querschnitt. Die Rahmenplatten sind 15 mm stark und ausreichend versteift. Der Aschkasten erhielt vorn und hinten drehbare, vom Führerstand aus zu betätigende Luftklappen, vor denen Funkensiebe angeordnet sind.

Es sind zwei unabhängig voneinander wirkende Bremsen vorhanden, und zwar eine Wurfhebel- und eine Körting-Luftsaugebremse. Die erste bremst 65,5 %, die zweite 77 % des mittleren Dienstgewichtes ab. Die Bremsen wirken mit 8 Klötzen von vorn auf die Radmitten.

Die Streckenverhältnisse der Flensburger Kreisbahn liegen insofern besonders ungünstig, als bereits auf dem Bahnhof Flensburg eine etwa 2,5 km lange Steigung von 1:40 beginnt, die teilweise Krümmungen bis herab zu 90 m Halbmesser aufweist. Auf dieser wurden von den Lokomotiven bei den Probefahrten 175 t Anhängelast befördert.

Mitte Januar dieses Jahres wurden zwischen den von der AEG gelieferten Heißdampflokomotiven und den vorhandenen D-Naßdampf-Tenderlokomotiven von etwas geringerem Gewicht auf der Strecke Flensburg – Kappeln Vergleichsfahrten angestellt. Die Fahrten wurden nach dem gleichen Fahrplan mit etwa 30 km/h Grundgeschwindigkeit unternommen und auch in annähernd gleicher Weise durchgeführt. Kleine Änderungen wurden dadurch erforderlich, daß der Verkehr der Straßenbahn und der Triebwagen auf der eingleisigen Strecke nicht aufgehalten werden durfte. Als Anhängelast wurde der gleiche Zug von etwa 98 t Anhängelast verwendet.

Bei den Fahrten zeigte sich, daß schon nach 3 bis 4 min Heißdampftemperaturen von 325 bis 330 °C erreicht wurden. Der Kohlenverbrauch der von der AEG gelieferten Lokomotiven betrug 4,85 kg/Zug-km bzw. 0,0497 kg/Anhänge-tkm, entsprechend einer Ersparnis von rund 35 % gegenüber den Verbrauchszahlen der Naßdampflokomotiven. Da die mittlere Geschwindigkeit bei der Fahrt mit der AEG-Lokomotive etwa 15 % höher lag, muß bei Annahme gleicher Widerstandszahlen trotz der Kohlenersparnis auch die Leistung der AEG-Heißdampflokomotive rund 15 % größer gewesen sein.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Ausführungsart von Lichtbogen-Schweißumformern zum Verwenden im Freien und in der Werkstatt.

Mitteilung der AEG.

In jeder modernen Werkstatt finden wir heute die elektrische Lichtbogenschweißung, im Behälterbau, in Eisenkonstruktionswerkstätten, im Schiffbau, in Reparaturwerkstätten usw. In der Reparaturwerkstätte findet das Lichtbogenverfahren außer zum Verbinden von Konstruktionsteilen ein großes Anwendungsgebiet beim Auftragen von abgenutzten Flächen an ausgelaufenen Wellen, abgenutzten Baggereimerschaken, ausgefahrenen Gleisstücken usw. Unter den genannten Schweißarbeiten befindet sich eine große Menge von Stücken, welche die Verwendung der elektrischen Lichtbogenschweißung im Freien erfordern (Bild 1 und 2), wo die Schweißmaschinen selbst jeder Witterung ausgesetzt werden. Die eisenverarbeitenden Firmen stellen daher die Bedingung, daß die elektrischen Schweißapparate wasserdicht gekapselt sein müssen, um sie sowohl in der Werkstatt als auch im Freien nach Belieben aufstellen zu können. Dieser Bedingung kommt der neue AEG-Lichtbogen-Schweißumformer HN 133, mit Dreh- oder Gleichstrommotor gekuppelt, auf einem Fahrgestell montiert, nach (Bild 3). Motor und Schweißdynamo dieses Schweißwagens sind ventiliert gekapselt, die Wellen beider Maschinen laufen in Kugellagern, so daß das Aggregat in jeder beliebigen Neigung einwandfrei läuft. Elektrisch ist die Schweißdynamo derart vereinfacht, daß nur noch ein Regler zum Einstellen der Schweißspannung bzw. Stromstärke erforderlich ist. Der Schweißstrom kann zwischen 60 und 200 A reguliert werden. Die Maschine ist derartig reichlich gebaut, daß auch eine Überlastung bis 250 A ausnahmsweise zulässig ist. Mit den genannten Schweißstromstärken lassen sich Schweißdrähte von 2 bis 7 mm Durchmesser verarbeiten. Der Bereich ist also so gewählt, daß praktisch damit alle Blechschweißungen und Gußkaltschweißungen ausgeführt werden können. Die Kontrollinstrumente bestehen aus Volt- und Amperemeter und sind, wie das Bild zeigt, unter der Blechverkleidung geschützt angeordnet; der Schweißumformer wird mittels gußeisengekapselter Stecker an die vorhandenen Kraftleitungen angeschlossen. Da bei der Natur der Schweißarbeiten im allgemeinen mit größeren Zwischenpausen zu rechnen ist, so muß bei dem Bau derartiger Spezialumformer darauf Wert gelegt werden, daß der Leerlaufsverbrauch des Gesamtaggregates so klein wie möglich gehalten wird. Der Leerlaufsverbrauch des gezeigten Sonderumformers beträgt nur noch 0,95 kW im unerregten Zustand, im erregten Zustand bei ungefähr 150 A Schweißstrom nur 1,6 kW. Die Schweißumformer sind so ausgeführt, daß es auf Wunsch möglich ist, den Regler als Fernregler auszubilden, so daß der Schweißer seinen Arbeitsplatz nicht zu verlassen braucht, wenn er verschiedene Schweißarbeiten ausführen muß. Es ist in diesem Falle auch ein leichtes, bei längeren Arbeitsunterbrechungen den Regler vom Schweißplatz aus auf die Nullstellung zu bringen, so daß als Leerlauf tatsächlich nur noch der mechanische Leerlauf von etwa 0,95 kW bei Rentabilitätsberechnungen eingesetzt zu werden braucht. Der Wirkungsgrad des Umformers ist infolge der Sonderausführung trotz der scharfen sonstigen Bedingungen zu über 50 % festgelegt, bei der Ausführung von normalen Schweißarbeiten (150 bis 160 A) beträgt er etwa 53 %. Die leicht ortsveränderliche Ausführung hat auch den Vorteil, daß man die Schweißkabellänge auf ein Mindestmaß beschränken kann; es wird die Längenveränderung von Anschlußstelle zur Schweißstelle hauptsächlich vom Motorzuführungskabel übernommen, das je nach der Anschlußspannung wesentlich schwächer und leichter gehalten zu werden braucht als das Schweißkabel selbst, das für die hohen Schweißstromstärken bis 200 A ausgelegt sein muß.

Bild 1. Geschweißte Fachwerkkonstruktion.

Bild 2. Geschweißte Rohrleitung.

Bild 3. Fahrbarer Lichtbogenschweißumformer Type HN 133 VGN75 bzw. VDNM 75/4.

In mechanischer Beziehung ist beim Bau dieser fahrbaren Anlagen auf den bekanntlich sehr rauhen Schweißbetrieb Rücksicht genommen. Der schmiedeeiserne Rahmen ist aus kräftigem U-Eisen hergestellt und vollkommen geschweißt. Die ebenfalls kräftig und breit ausgebildeten Räder sind besonders vorteilhaft abgefedert, so daß auch beim Fahren auf stark holprigem Pflaster Verwindungen des Rahmens und damit Verlagerungen der Maschinen vermieden werden. Durch Anbringung von 4 Ösen am Rahmen wird auch der einfache Transport dieser Aggregate mittels Kranes ermöglicht.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS“, Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G. m. b. H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN

für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE

Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG

Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE

ORIGINAL MSN AUFZÜGE

Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

AUFZÜGE

Elektro-Flaschenzug
Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

DEMAG

AUFZÜGE

bekannt als Demagzüge,
¼ bis 5 t Tragkraft,
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE Hebezeuge,

Fahrtreppen, Elektromotoren
CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-

AUFZÜGE STAHL

Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE, KRANE

Industrie-Aufzüge
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge
Maschinenfabrik Wiesbaden

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUFZUGS-SCHIENEN-SCHMIER-APPARATE

D. R. P.
HELIOS
HELIOS-APPARATE
Wetzel & Schloßhauer
Berlin W 10, Bendlerstr. 11.

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör
Gaswerkzeuge für alle Gasarten.
Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

B

BRUNNENBAU

(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht
Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen,
Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.
J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

KREUSER-

DAMPFHÄMMER

D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H. Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER

Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung
Elektr. Fernübertragung.
Elektrische Rauchgasprüfer
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- un Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER

aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-

DAMPFMESSER

Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend m automatisch. Druckberücksichtigur Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 3
In Hunderten von Ausführunge geliefert für Dampfmaschine Dampfhämmer, Walzenzugmasch nen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R
Feodor Stabe Apparatebauansta
Berlin SO 26

PONDO-

DAMPFMESSER

mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DIESELMOTORE

ohne Kompressor und ohne Venti von 4 PS aufwärts.
Gerlach-Werke Akt.-Ges.
Nordhausen L (Harz).

DIESELMOTORE-

Dichtungsmaterialien;
desgl. für Dampfmaschinen
fertigt als Spezialität seit 25 Jahre
Markus M. Bach, Berlin W 15

E

ELEKTRO-FLASCHENZU

Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

DEMAG

ELEKTROZÜG

Bauart Demag.
¼ bis 5 t Tragkra
Lager im In- u. Ausla
Demag-Duisburg

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Preßzell.

Mitteilung der AEG.

Preßzell ist ein von der AEG hergestelltes hartes und festes Isolier-Material, das unter Anwendung von hohem Druck und Wärme aus mit Bakelit durchtränktem Papier hergestellt wird. Auf Grund jahrelanger Erfahrungen wird Preßzell durch sorgfältige Auswahl der Rohstoffe und Berücksichtigung von deren besonderen Eigenschaften bei der Fabrikation allen Anforderungen der Verbraucher angepaßt. Es wird geliefert in Platten, Röhren, Stäben und Formstücken.

Bild 1. Bearbeitete Preßzellteile.

Bild 2. Werte von Preßzell bei Dauerprüfungen in Öl (75°, 5 Min).

Platten werden von 0,2 bis 100 mm Stärke und bis 1000 × 1000 mm Größe hergestellt.

Rohre von 5 mm Innendurchmesser bis 30 mm Außendurchmesser können nur bis 1000 mm Länge angefertigt werden. Rohre von 13 mm Innendurchmesser an aufwärts bis 120 mm Außendurchmesser können jeden erforderlichen Querschnitt und Längen bis 1700 mm erhalten.

Vollstäbe werden in runder, ovaler, drei-, vier- oder sechseckiger Form geliefert.

Formstücke sind in jeder beliebigen Ausführung herstellbar, allerdings ist darauf zu achten, daß sie eine gleichmäßige Wandstärke haben.

Preßzell wird mit spanabhebenden Werkzeugen bearbeitet; es läßt sich schneiden, sägen, hobeln, drehen, bohren, fräsen, mit Gewinde versehen und in dünnen Stärken auch stanzen (Bild 1).

Die Mannigfaltigkeit der Anwendungen und der sich daraus ergebenden verschiedenen Anforderungen an das Material machen es erforderlich, den Verwendungszweck schon bei der Herstellung zu berücksichtigen. Folgende Arten haben sich als erforderlich herausgestellt:

1. Preßzell für höchste elektrische Ansprüche,
2. Preßzell als Konstruktionsmaterial,
3. Preßzell, tropenfest,
4. Preßzell, schwarz,
5. Preßzell auf Hochglanz gepreßt.

In elektrischer Beziehung ist es gelungen, die Durchschlagfestigkeit bei allen Plattenstärken auch den höchsten Anforderungen anzupassen. Bei Dauerprüfungen in Öl von 75 ° werden während 5 Min. die im Bild 2 wiedergegebenen Werte mit Sicherheit gehalten.

Als Konstruktionsmaterial zeigt Preßzell besonders hohe mechanische Festigkeiten. Die Spaltbarkeit ist so heruntergesetzt, daß ein Reißen in einer Schichtebene nicht auftritt, so daß man auch in der Schichtrichtung bohren und Gewinde einschneiden kann. Es ist daher z. B. auch für Nutenkeile in elektrischen Maschinen zu verwenden. Für mechanisch besonders hoch beanspruchte Stäbe sind jedoch in der Form gepreßte Vollstäbe vorteilhafter.

Tropenfestes Preßzell widersteht dauernd der Einwirkung von Feuchtigkeit und Wärme, nimmt auch bei längerem Liegen in Wasser keine nennenswerten Wassermengen auf und behält selbst nach monatelangem Liegen im Wasser seine Festigkeit.

Auf Hochglanz gepreßtes Preßzell zeigt eine harte, hochglänzende Oberfläche, die auch bei rauher Behandlung gegen Kratzer und Schrammen unempfindlich ist.

Preßzell wird nicht nur in der Elektroindustrie, sondern auch in anderen Industriezweigen als Ersatz für Holz und Metall vielseitige Verwendung finden können.

Einige geformte Preßstücke sind in Bild 3 dargestellt.

Bild 3. Geformte Stücke.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Leistungssteigerung im Elektrokarrenbetrieb.

Mitteilung der AEG.

Nach Einführung des Elektrokarrenbetriebes wird jeder Betriebsleiter zunächst feststellen, daß außer einem bedeutend schnelleren Materialumlauf eine wesentliche Senkung der Kosten für die Durchführung der Transporte eintritt. Eingehende Beobachtungen lassen jedoch erkennen, daß der Elektrokarren vielfach während seiner täglichen Arbeitszeit fast ebenso viel oder mehr Zeit für die Be- und Entladung benötigt als für die eigentliche Beförderung der Materialien und Güter. Wenn trotz dieser geringen Ausnutzung für den eigentlichen Transport große Ersparnisse und somit eine gute Wirtschaftlichkeit erzielt werden, so muß doch in solchen Fällen eine Änderung der Betriebsverhältnisse das erstrebenswerte Ziel sein. In Verfolg dieses Gedankens hat die AEG bereits im Jahre 1921 einen Elektrohubkarren entwickelt, der mit einer elektrischen Hubvorrichtung eine tiefliegende Plattform hebt und senkt. Diese nimmt beladene und unbeladene Bänke auf und setzt sie an den betreffenden Stellen wieder ab.

Bild 1. Elektrokarren EKH 1502 mit hydraulich-mechanischer Hubvorrichtung und Ladebank.

karrens zu, da die unterhalb der Plattform laufenden Lenkräder mit einem Durchmesser von etwa 270 mm eine gute Fahrbahn zur Voraussetzung haben. Um jedoch die Vorteile des Elektrohubkarrenbetriebes allen Karrenverwendern zu ermöglichen, hat die AEG eine hydraulisch-mechanische Hubvorrichtung entwickelt (DRP angemeldet), die, wie Bild 1 zeigt, in jeden normalerweise mit fester Plattform zu liefernden Elektrokarren eingebaut werden kann.

Aus der Gegenüberstellung der in Bild 2 und 3 dargestellten Arbeitsdiagramme sind die Vorteile des Elektrokarrenbetriebes nach Einbau von Hubvorrichtungen ersichtlich. Hier stellen die schräg von oben nach unten und umgekehrt verlaufenden Linien die Fahrwege dar, während die wagerechten Linien die Be- und Entladezeiten erkennen lassen. Die obere Zahlenreihe entspricht der Arbeitszeit von 6 Uhr vormittags bis 4.50 Uhr nachmittags.

Die genaue Auswertung der Diagramme hat ergeben, daß nach Einführung des Betriebes mit Karren mit hydraulischer Hubvorrichtung eine Leistungssteigerung von 43 % eingetreten ist.

Bild 2. Arbeitsdiagramm I vor Einführung der Hubvorrichtuug am Elektrokarren.

P = Platten der Hebetische,
R = Rolltisch,
+ = Platte bzw. Rolltisch aufnehmen,
— = Platte bzw. Rolltisch absetzen,

– – – – – Späneabfuhr . . . . Dienstag, Donnerstag, Sonnabend,
–·–·–·– Holzabfuhr . . . . Montag, Mittwoch, Freitag,
–··–··– Ölabfuhr Lager-Ölkeller . . . . Dienstag, Donnerstag, Sonnabend,
—·—·—·· Puffer von und zur Betr. Kl. . . Montag, Mittwoch, Freitag,
—··—··— Rotgußabfuhr Drehereilager . . Dienstag, Donnerstag, Sonnabend,
- - - - - - - - Rotgußabfuhr Ersatzteillager . . Dienstag, Donnerstag, Sonnabend.

Bild 3. Arbeitsdiagramm II nach Einführung der Hubvorrichtung am Elektrokarren.

Die zum Teil in den industriellen Werken vorhandenen schlechten Fahrstraßen ließen jedoch nur eine ganz beschränkte Einführung dieses Elektrohub-

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Guß- und Preßteile aus Leichtmetall.

Mitteilung der AEG.

Die Verwendung von Leichtmetallen ist für die Motoren aller Luftfahrzeuge, sowohl Luftschiffe als auch Flugzeuge, unerläßlich. Als an Flugzeuge noch nicht zu denken war, lieferte die AEG schon Gußgehäuse aus der „Deutschen Legierung“ Marke „Nickelstahl-Aluminium“, für die Luftschiffe von Parseval. In dem mit dem AEG-Kabelwerk-Oberspree verbundenen großen Metallwerk in Oberschöneweide werden in der Aluminiumgießerei verschiedene Leichtmetallegierungen, und zwar die Deutsche Legierung, Silumin und Elektron zu Sandguß (Bild 1), Spritzguß (Bild 2) und Kokillenguß verarbeitet*). Elektron wird außerdem in Form von Preßteilen geliefert, Reinaluminium in Form von Blechen, Bändern, Drähten und Stangen.

Bild 1. Leichtmetallsandguß.

Die Haupteigenschaften der drei Gußlegierungen sind:

Bezeichnung	Festigkeit kg/mm²	Dehnung % 1 = 11,3 q	Brinellhärte kg/mm²	Spezifisches Gewicht
Deutsche Legierung (Cu-Zn-Al)	12 ÷ 18	1 ÷ 3	55	3,0
Silumin (Si-Al)	14 ÷ 20	5 ÷ 10	60	2,6
Elektron (Mg-Leg)	12 ÷ 14	5	—	1,73

Alle drei Gußlegierungen sind für den Flugzeugbau gut geeignet. Die Deutsche Legierung hat sich seit Jahrzehnten im Fahrzeugbau bewährt, Silumin zeichnet sich durch seine hohe Dehnung und leichte Gießbarkeit, Elektron durch sein geringes spezifisches Gewicht und leichte Schnittbearbeitbarkeit aus.

In Kokillen gegossene Leichtmetallstücke sind maßhaltiger und glatter als Sandgußteile und bei Massenfabrikation billiger.

Für Spritzguß und Kokillenguß kommt aus wirtschaftlichen Gründen nur die Herstellung von mindestens mehreren tausend Stück in Betracht, weil die Kosten für die Herstellung der Kokillen in den Stückpreis einberechnet werden müssen. Durch das Spritzgußverfahren werden hauptsächlich Teile von geringerem Gewicht hergestellt, durch den normalen Kokillenguß Teile von mittlerem und großem Gewicht. Das lang gehegte Vorurteil, Leichtmetallguß wäre nicht korrosionsbeständig, ist durch die Praxis widerlegt. Die Oxydhaut bildet einen natürlichen Schutz. Bei besonderer chemischer Beanspruchung kann Leichtmetall durch geeignete Ueberzüge gegen Korrosion geschützt werden.

Mit den Spritzgußteilen können auf manchen Gebieten die Elektron- und Aluminium-Preßteile in Wettbewerb treten (Bild 3); sie werden z. B. für Lager, Ventile, Türgriffe im Fahrzeugbau verwendet. Für Spritzguß sind die Abmessungen beschränkt, wie Bild 3 zeigt.

Bild 2. Leichtmetallspritzguß.

Bild 3. Elektronpreßteile.

*) Anfragen sind zu richten an die AEG-Metallwerke-Oberspree, Berlin W 56, Taubenstraße 21.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG
ABGAS-AUSNUTZUNG
für Heizung und Trocknung
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G.m.b.H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G.m.b.H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN
für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane
ATG
Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE
ORIGINAL MSN AUFZÜGE
Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

DEMAG
AUFZÜGE
bekannt als Demagzüge,
1/4 bis 5 t Tragkraft,
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren
CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE
SCHINDLER 1874
jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE
für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art
Schüle & Co. Feldkirchen München
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
STAHL
Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE · KRANE
TRANSPORTANLAGEN
Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUFZUGS-SCHIENEN-SCHMIER-APPARATE
D. R. P.
HELIOS
HELIOS-APPARATE
Wetzel & Schloßhauer
Berlin W 10, Bendlerstr. 11.

AUTOGENE
Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör
Gaswerkzeuge für alle Gasarten.
HH
Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

B

BRUNNENBAU
(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPFHÄMMER
bis 20000 kg Fallgewicht
Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.
J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

KREUSER-
DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H. Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER
Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung
Elektr. Fernübertragung.
Elektrische Rauchgasprüfer
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER
Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER
aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-
DAMPFMESSER
Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend mit automatisch. Druckberücksichtigung
Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 328
in Hunderten von Ausführungen geliefert für Dampfmaschinen, Dampfhämmer, Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R 24
Feodor Stabe Apparatebauanstalt
Berlin SO 26

PONDO-
DAMPFMESSER
mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DIESELMOTORE
ohne Kompressor und ohne Ventile von 4 PS aufwärts.
Gerlach-Werke Akt.-Ges.
Nordhausen L (Harz).

DIESELMOTORE-
Dichtungsmaterialien;
desgl. für Dampfmaschinen
fertigt als Spezialität seit 25 Jahren
Markus M. Bach, Berlin W 15

E

DEMAG **ELEKTROZÜGE**
Bauart Demag,
1/4 bis 5 t Tragkraft,
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

F

FABRIK-ANLAGEN
für chem. Großindustrie
Transport-, Zerkleinerungs-, Trocken-, Verdampf-Apparate
G. Sauerbrey Maschinenfabrik, Aktiengesellschaft-Staßfurt

FEILKLOBEN
F.D. verfeinerte Qualität
Paul F. Dick, Esslingen a. N.
Stahlwaren- und Werkzeugfabrik.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Die elektrische Stumpfschweißmaschine als Erwärmungsmaschine.

Mitteilung der AEG.

In jeder modernen Werkstatt finden sich heute elektrische Stumpfschweißmaschinen zum Stumpfschweißen von Rundeisen, Quadrateisen, Profileisen, zum Schweißen von Schnellstahlplättchen auf Drehstähle, zum Verschweißen von Siede-, Rauchrohren und dergl. Die elektrischen Stumpfschweißmaschinen werden heute bereits zum Schweißen von Querschnitten bis 25 000 mm² benutzt und sind dazu berufen, komplizierte Schmiedestücke dadurch zu vermeiden, daß man diese in einfachere Schmiedestücke bzw. Normalprofile zerlegt und sie je nach Bedarf untereinander verbindet (Bild 1). Abgesehen von den angeführten Schweißarbeiten sind diese Schweißmaschinen, insbesondere die Maschinen schwerer Bauart von 40 kW aufwärts (Bild 2) auch dazu geeignet, das Schmiedefeuer für reine Erwärmungsarbeiten zu ersetzen. Auf jeder Schweißmaschine können Flach- und Winkeleisen, Rohre und dergl. auch erhitzt werden, um sie nachträglich zu biegen, zu strecken, zu stauchen oder auszuschmieden. Der Hauptvorteil für diese Erwärmungsarbeiten liegt auch hier wieder in der Möglichkeit einer scharfen örtlichen Begrenzung der Wärme gerade auf die Stellen, die gebogen, gestaucht oder gestreckt werden sollen. Während im Schmiedefeuer derartige Teile rechts und links von der Biegestelle unerwünschterweise sehr stark miterwärmt werden müssen, vermeidet man diese unnütze Wärme bei Verwendung der elektrischen Erhitzungsmaschine. Kommen zum Erwärmen größere Längen in Frage, als die Backenentfernungen der normalen Stumpfschweißmaschine es zulassen, so bedient man sich für diesen Sonderzweck einer Spezialeinspannvorrichtung, wie sie in Bild 3 erkenntlich ist. In die Backen der normalen Stumpfschweißmaschine spannt man rechts und links die dem Erwärmungsgut angepaßten Spezialelektroden ein, die mit Hilfe von Festspannvorrichtungen die zu erwärmenden Eisenstangen usw. in der jeweils gewünschten Entfernung in den Schweißstromkreis einschließen und dementsprechend erhitzen. Das elektrische Erwärmen erfolgt genau wie das elektrische Schweißen infolge Durchganges hoher Stromstärken durch das zu erwärmende Stück. Die Wärmeentwicklung findet also auch hier von innen heraus statt, und man hat bei dem Erscheinen der Wärme auf der Oberfläche stets die Gewähr, daß das Schmiedestück gleichmäßig gut durchgewärmt ist. Die Erfahrung hat bewiesen, daß elektrisch erwärmte Stücke im Gegensatz zu solchen, die im Feuer von außen beheizt wurden, die Wärme viel länger halten, und daß zu der folgenden Bearbeitung oft eine Hitze genügt, um sie fertig zu schmieden, während bei der Feuererwärmung stets mehrere Hitzen erforderlich werden. Die Bedienung und Handhabung der Maschine ist äußerst einfach; durch einfaches Niedertreten des Hauptschalters wird der Erwärmungsprozeß eingeleitet. Ein Verbrennen der zu erwärmenden Werkstoffe ist ausgeschlossen, da mit Hilfe des fünfstufigen Regelschalters eine feinstufige Wärmeregelung möglich ist. Ein großer Vorzug der elektrischen Erwärmung besteht darin, daß das Erwärmungsgut in seiner ganzen Länge beobachtet werden kann. Hierdurch wird erreicht, daß in dem Augenblick, wo die für den gewünschten Zweck erforderliche Hitze erreicht ist, das Erwärmungsgut ausgespannt werden kann. Um eine Übererwärmung der Spezialeinspann-Vorrichtung auszuschließen, ist diese an den Einspannstellen, ebenso wie die Einspannbacken der Schweißmaschine, wassergekühlt. Die jederzeitige Betriebsbereitschaft, die Sauberkeit des Betriebes, die Vermeidung von unangenehmen Hitzeentwicklungen, Rauch- und Rußbelästigungen sprechen dafür, daß die elektrische Stumpfschweißmaschine in Zukunft im weitesten Maße auch für reine Erwärmungszwecke herangezogen wird.

Bild 1. Vereinfachung von schwierigen Schmiedeteilen durch elektr. Schweißen.

Bild 2. Stumpfrohrschweißmaschine Type SR 40/52. Elektr. Leistung 52 kVA. Schweißtechnische Leistung 2000 mm

Bild 3. Normale Stumpfschweißmaschine Type SR 80/105 mit Spezial-Erwärmungsbacken.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne G.m.b.H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN

für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE

Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane
ATG
Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE

ORIGINAL MSN AUFZÜGE
Aufzugswerke M. Schmitt & Sohn
Gegründet 1861
München, Nürnberg, Essen
Fachfabrik für Aufzüge

AUFZÜGE

Elektro-Flaschenzug
Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE

SCHINDLER 1874
jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150—5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art
Schüle & Co. Feldkirchen München
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE

STAHL
Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

in moderner Ausführung
mit Treibscheibe oder Seiltrommel sowie
Feineinstellung
selbsttätig wirkend
UNRUH & LIEBIG
Abt. d. Peniger Maschinenfabr. A.-G.
Leipzig W 31

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

B

BRUNNENBAU

(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFDRUCKVERMINDERUNGSVENTILE

auch f. Preßluft, Gas usw. geeignet, ohne Quecksilber u. ohne Membrane. D.R.P. und Ausl.-Pat. angem.
Robel & Co., München S 50

DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht
Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen,
Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.
J. Banning, A.-G., Hamm i.W.

KREUSER-DAMPFHÄMMER D. R. P.

mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H.
Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER

Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung
Elektr. Fernübertragung.
Elektrische Rauchgasprüfer
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER

aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-DAMPFMESSER

Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend mit automatisch. Druckberücksichtigung Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 328
in Hunderten von Ausführungen geliefert für Dampfmaschinen, Dampfhämmer, Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R 24
Feodor Stabe Apparatebauanstalt
Berlin SO 26

PONDO-DAMPFMESSER

mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DIESELMOTORE

ohne Kompressor und ohne Ventile von 4 PS aufwärts.
Gerlach-Werke Akt.-Ges.
Nordhausen L (Harz).

DIESELMOTORE-

Dichtungsmaterialien;
desgl. für Dampfmaschinen
fertigt als Spezialität seit 25 Jahren
Markus M. Bach, Berlin W 15

E

ELEKTRO-FLASCHENZUG

Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

DEMAG ELEKTROZÜGE

Bauart Demag,
¼ bis 5 t Tragkraft,
Lager im In- u. Ausland
Demag-Duisburg

ENTÖLER

F. Mattick
Dresden 24c, Münchener Straße 30
Maschinenfabrik u. Eisengießerei in Pulsnitz i. Sa.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Reguliermotorantrieb mit magnetischer Steuerung für Bohr- und Fräsmaschinen.

Mitteilung der AEG.

Das Ein- und Ausschalten, Umsteuern, Bremsen und Regulieren des Hauptantriebes und der Hilfsbewegungen soll bei größeren Werkzeugmaschinen nicht nur von einer Stelle, sondern von allen in Betracht kommenden Bedienungs- bzw. Beobachtungsstellen möglich sein. Dazu ist die selbsttätige magnetische Steuerung mit Druckknöpfen, abgesehen von der unübertroffenen Einfachheit der Bedienung, deshalb am besten geeignet, weil die Verbindung mit beliebigen und veränderlichen Bedienungsstellen durch elektrische Leitungen, die nur Hilfsstrom führen, am wirtschaftlichsten ist. Die Werkzeugmaschinen-Druckknopfsteuerungen kommen hauptsächlich für Gleichstromreguliermotoren — als Universalsteuerungen — zur Anwendung. Bei diesen erfolgt auch die Drehzahleinstellung durch die Druckknöpfe. Damit bei der Bedienung keine Zeitverluste entstehen, sind von einer guten Steuerung folgende Eigenschaften zu verlangen:

Bild 1. Horizontal-Bohr- und Fräsmaschine mit Reguliermotor und Druckknopfsteuerung beim Bearbeiten eines Walzenständers. (Maschinenfabrik Schieß-Defries, Düsseldorf.)

1. Der Anlauf des Motors muß sofort nach Drücken des Knopfes erfolgen.
2. Die Regelzeit von niedrigster bis höchster Drehzahl des Motors und umgekehrt muß gering sein.
3. Das Stillsetzen des Antriebes muß durch eine wirksame dynamische Bremsung unterstützt werden.
4. Beim Abstellen muß die vorherige Drehzahleinstellung bestehen bleiben, so daß beim Wiederanlauf ein neues Einstellen der Geschwindigkeit erspart wird; es muß aber möglich sein, die Drehzahleinstellung während des Stillstandes des Antriebes zu ändern.
5. Nach dem Abstellen muß man unmittelbar — ohne den Rücklauf irgend welcher Teile abwarten zu müssen — entweder in der gleichen oder in entgegengesetzter Drehrichtung wieder anlaufen lassen können.

Diese Eigenschaften hat die AEG-Steuerung, die außerdem noch folgende Vorteile bietet:

1. Die Umkehrschützen sind in Funkensperrung geschaltet (DRP), so daß Kurzschlüsse beim Umsteuern ausgeschlossen sind.
2. Die Erregung des Antriebsmotors wird nach erfolgter Bremsung selbsttätig ausgeschaltet, so daß keine Stromverluste und Erwärmung durch dauernde Erregung des Motors verursacht werden.

Bild 2. Rückansicht der Horizontal-Bohr- und Fräsmaschine (Bild 1).

3. Die Steuerapparate und Widerstände sind mit dem Hauptschalter, Stromzeiger, Haupt- und Steuerstromsicherungen sowie einer thermischen Motorschutzvorrichtung in einem Schrank zusammengebaut.
4. Die Druckknöpfe sind zu Druckknopftafeln in einer schweren, für Werkzeugmaschinen und rauhen Betrieb geeigneten Ausführung vereinigt.
5. Außer der Funkensperrung sind noch Abhängigkeiten vorhanden, die jeden Fehler bei der Bedienung der Druckknöpfe unschädlich machen.

Die zur Anwendung kommende dynamische Bremsung wirkt sehr kräftig, aber doch weich, weil das Motorfeld während der Bremsung stufenweise verstärkt wird. Durch diese Bremsung ist es möglich, mittels des Einschalt- und Halteknopfes ganz kurze Einstellbewegungen mit größter Genauigkeit auszuführen. Infolgedessen ist die bei älteren Steuerungen oft vorgesehene besondere Vorrichtung für langsame Einstellbewegungen mit besonderen, als „Einrichte"-Knöpfe bezeichneten Druckknöpfen entbehrlich. Die genannte Vorrichtung bestand darin, daß beim Drücken des mit „Einrichten" bezeichneten Knopfes nicht das normale Anlassen eingeleitet wurde, sondern nur das Einschalten mit vorgeschaltetem Anlaßwiderstand.

Die Bilder 1 und 2 zeigen eine Horizontal-Bohr- und Fräsmaschine bei der Bearbeitung eines Walzwerkständers. Außer der am Spindelschlitten angebrachten Druckknopftafel ist noch eine bewegliche Druckknopftafel vorhanden, die der Arbeiter auf seinen jeweiligen Standort mitnimmt und in vorliegendem Falle an das Werkstück mittels Bindedrahtes angehängt hat. Die Steuerung selbst ist rückwärts am Ständer angebracht (Bild 2); die Verbindung zu dem am Spindelschlitten befindlichen Motor usw. erfolgt durch biegsames Kabel.

Bild 3. Selbsttätiger Umkehr-Regulier-Anlasser einer Universal-Drehbank-Druckknopfsteuerung. (Türen geöffnet.)

Bild 3 zeigt den Apparate-Schrank mit geöffneten Türen, wobei der durch einen kleinen Hilfsmotor betriebene selbsttätige Nebenschlußregler mit großer Stufenzahl deutlich sichtbar ist.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Elektrokarren im Dienste der Deutschen Reichspost.

Mitteilung der AEG.

Nachdem die Verwaltung der Deutschen Reichspost sich zunächst nur sehr langsam und tastend zur Verwendung von Elektrokarren entschlossen hatte, sind heute die vielseitigen Verwendungsgebiete dieser Beförderungsmittel bei der Post in der Hauptsache erkannt. Die Deutsche Reichspost beweist dieses durch die zunehmende Benutzung der genannten Fahrzeuge.

Bild 1. Elektroschlepper E S 4002 in einem Bahnpostamt in Berlin.

Zu den Arbeitsgebieten des Elektrokarrens in Postbetrieben gehören:

1. die Beförderung von Brief- und Paketpost zwischen den Posträumen und den Eisenbahn-Postwagen bei den Bahnpostämtern und Postverladebahnhöfen;
2. in kleineren Städten ohne Bahnpostamt die Beförderung der Brief- und Paketpost unmittelbar zwischen dem Postamt und den Eisenbahnzügen;
3. in mittleren und kleineren Städten der Paketzustelldienst;
4. der Materialtransport bei den Telegraphenbau- und Zeugämtern;
5. die Verwendung als Montagewagen bei den Telegraphenbauämtern.

Bild 2. Elektrokarren E K 752 für Briefbeutelbeförderung im Bahnpostamt Nürnberg.

Die nachstehenden Ausführungen erstrecken sich mit Rücksicht auf den geringen zur Verfügung stehenden Raum nur auf die unter 1 bis 3 genannten Anwendungsmöglichkeiten.

Auf den Postverladebahnhöfen sind große Mengen von Paketen zu sortieren und zu verladen; zwischen diesen beiden Arbeiten liegt zeitweilig eine mehr oder weniger große Zeitspanne; hier hat sich daher der Paketkarren als Fördermittel erhalten. In Zügen von drei oder mehr derartiger Karren bringt der in Bild 1 gezeigte Elektroschlepper diese von der Sortierstelle zu der Versandstelle bzw. dem Eisenbahnpostwagen. Die große Zugleistung des Elektroschleppers gestattet das Anhängen bis zu acht derartiger Paketwagen; er ist daher in der Lage, die regelmäßig vor den Festtagen auftretenden Spitzenbelastungen ohne weiteres zu bewältigen.

Für die Beförderung der reinen Briefpost zu und von den Zügen mit Bahnpostwagen hat sich vorzugsweise der in Bild 2 dargestellte Elektrokarren für eine Tragfähigkeit von 750 kg mit entsprechendem Aufbau sehr gut eingeführt.

Es hat sich gezeigt, daß die Verwendung dieser mechanischen Fördermittel die Arbeitsfreudigkeit der sonst hierfür in Frage kommenden Beamten sehr gehoben und den Krankheitsstand vermindert hat. Während früher die Beamten sich bei dem Transport sehr erhitzten und während des Wartens auf den zugigen Bahnsteigen sich leicht Erkältungskrankheiten zuzogen, fällt dieser Erkrankungsgrund jetzt fort.

Bild 3. Elektrokarren E K F 1502 mit Führersitz und Kastenaufbau für Paketbeförderung.

Für den an zweiter Stelle aufgeführten Verwendungszweck, den Verkehr zwischen Stadt- und Bahnpostamt, hat vorzugsweise der in Bild 3 gezeigte Elektrokarren mit Führersitz und Kastenaufbau Eingang gefunden. Das Fahrzeug an sich gleicht der Normalbauart für 1500 kg Tragkraft, hat jedoch einen geschlossenen und überdachten Führersitz für den Fahrer und Begleiter, sowie die bei Automobilen übliche Handradsteuerung und Fußhebel-Druckbremse. Es läßt sich bei diesen Karren eine Batterie mit verhältnismäßig großer Kapazität einbauen, so daß auch auf schlechten Fahrstraßen bei ungünstiger Witterung ein Fahrbereich von mindestens 50 km erzielbar ist.

In kleinen und mittleren Städten übernimmt das vorhergehend beschriebene Fahrzeug außer dem Verkehr zwischen Bahnpost- und Stadtpostamt den Paketzustelldienst, wodurch eine gute Ausnutzung gewährleistet ist.

Die Bedienung der Elektrokarren ist außerordentlich einfach und kann von jedem Postbeamten nach kurzer Unterweisung erfolgen. Der Besitz eines Führerscheins ist für den Fahrer nicht erforderlich.

Die Wirtschaftlichkeit ist in den vorstehend aufgeführten Fällen einwandfrei erwiesen und kann jederzeit belegt werden. Neben der Erzielung von Ersparnissen liegt ein weiterer Vorteil in der Verkürzung der Transportzeit, die sich vielfach in der sicheren Erreichung von Zuganschlüssen auswirkt

Absperrschieber mit elektrischem Antrieb.

Mitteilung der AEG.

Die Vorteile der elektrischen Kraftübertragung sind je nach der Art und den Betriebsbedingungen der anzutreibenden Maschinen außerordentlich verschieden. Beim Schieberantrieb von Hand darf das am Handrad auszuübende Drehmoment die physische Kraft des Maschinenwärters nicht überschreiten. Bei größeren Schiebern ist dieses nur möglich durch eine starke Verminderung der Schiebergeschwindigkeit, die aber eine entsprechend lange Zeitdauer für das Öffnen und Schließen des Schiebers zur Folge hat. Wenngleich die Betätigung der Schieber selten vorkommt, so ist vielfach doch die Bedienung von Hand nicht durchführbar, weil der Maschinenwärter die Aufsicht über die Maschinen nicht so lange unterbrechen darf.

Bild 1. Druckschieber, 900 mm l. W. in einem Schleusenpumpenwerk.

Bei den ersten elektrischen Schieberantrieben und überall, wo der Schieber im Bereich des vom Wärter begangenen Bedienungsraumes liegt, wird der elektrische Antrieb von Hand gesteuert. Meist treibt der Elektromotor eine Schneckenwelle, deren Schneckenrad die Schieberspindel bewegt. In den Endstellungen sind Endschalter angeordnet, die den Schieberweg selbsttätig begrenzen; die Schaltung ist derartig, daß die Anlasserkurbel beim Öffnen des Schiebers nur in der einen Richtung bis in die Endlage bewegt zu werden braucht. Der Wärter kann dann von dem Anlasser weggehen, da der Motor in der Schieberendlage von selbst abgeschaltet wird.

Der Widerstand, den der Motor auf seinem Nachlaufweg zu überwinden hat, ist nicht konstant, sondern von der Belastung des Schiebers und von dem Zustand der Anlage abhängig. Die einmalige Einstellung der Endschalter muß einerseits so vorgenommen werden, daß selbst bei großer Belastung und starker Verschmutzung der Spindel und des Getriebes ein vollkommener Schluß gewährleistet bleibt. Andererseits muß mit gleicher Sicherheit ein etwaiges Festfahren des Schiebers und ein Zerstören der Dichtungsstellen durch den bei gereinigten Getrieteilen und geringer Belastung vorhandenen Energieüberschuß vermieden werden. Deshalb wird vielfach ein Bremslüfter vorgesehen, der während des Arbeitens des Motors das Bremsgewicht angehoben hält und nach Abschalten des Antriebsmotors ein im Verhältnis zu den Reibungs- und sonstigen Widerständen sehr großes Bremsmoment ausübt, so daß der Nachlaufweg des Motors ganz gering ist. Um völlige Sicherheit gegen das Festfahren des Schiebers zu erhalten, ist es zweckmäßig, zwischen Motor und Getriebe eine Rutschkupplung zu schalten, die das Überschreiten eines bestimmten Drehmomentes verhindert.

Die Bilder 1 und 2 zeigen derartige Schieber. Bei Bild 1 kann der Handantrieb, der für den Fall der Stromunterbrechung vorgesehen werden muß, von unten erfolgen; bei Bild 2 liegt das eigentliche Rohr unter Flur, so daß das Handrad in handlicher Höhe liegt. Befindet sich der Schieber in einer hochliegenden Rohrleitung, so kann an Stelle des Handrades in Bild 2 ein Kettenrad angeordnet werden; die Handbedienung erfolgt alsdann durch Ketten.

Bild 2. Schieber für die Abflußleitung 600 mm l. W., in einem Schleusenpumpwerk.

Liegen die Schieber in größerer Entfernung vom Bedienungsstand des Wärters oder in anderen Räumen, so tritt die Forderung auf, daß die Steuerung des Schiebers vom Bedienungsraum des Wärters aus erfolgt, mithin als Fernsteuerung ausgebildet wird. Besonders empfiehlt sich diese bei Schiebern in Dampf- oder Gasleitungen, bei denen im Falle eines Rohrbruches die austretenden Dämpfe oder giftigen Gase dem Wärter das Schließen des Schiebers bei Handsteuerung unmöglich machen.

In Bild 3 ist im Prinzip die Schaltskizze einer derartigen Schiebersteuerung wiedergegeben. Der Antriebsmotor A ist ein Kurzschlußankermotor. Zwei zweipolige Schütze ermöglichen das direkte Einschalten und Reversieren. Zwei Endschalter begrenzen den Lauf des Motors beim Öffnen und Schließen, während der vorgesehene Bremslüftmagnet den Nachlaufweg des Motors bestimmt. Durch Betätigung des Druckknopfes „Öffnen", der an beliebiger Stelle angeordnet werden kann, erhält die Schützspule $B\,1$ Strom und legt den Motor beispielsweise für Rechtslauf an das Netz. Gleichzeitig mit dem Einfallen dieses Schützes wird ein Hilfskontakt geschlossen, durch den sich das Schütz selbst speist und ein Festhalten des Druckknopfes überflüssig wird. Der Motor läuft nun so lange, bis der eine Endschalter den Stromkreis der Schützspule unterbricht, d. h. bis der Schieber geöffnet ist. Das Schließen des Ventiles erfolgt auf sinngemäß gleiche Weise. Die beiden Schütze haben eine kombinierte, elektromechanische Verriegelung, die sogenannte Lichtbogensperrung (DRP), die das zweite Schütz nicht anspringen läßt, wenn das erste eingeschaltet ist, und dadurch einen Kurzschluß vermeidet.

A = Motor
B = Aufzugschütze
C = Druckknopftafel
D = Endschalter
E = Bremslüfter

Bild 3. Schiebersteuerung zum selbsttätigen Öffnen und Schließen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Der leichte kleine Drehstrommotor der AEG.

Mitteilung der AEG.

In allen Zweigen der Industrie ist man bemüht, durch scharfe Ausnutzung des Materials Gewichte und Abmessungen auf das Mindestmaß zu bringen. Dies Bestreben führte bei der AEG zur Konstruktion der VDN- bezw. AVDN-Type, bei der die Unterschiede der Gewichte und Maße gegenüber früheren Ausführungen ganz erheblich sind. Zum Beispiel beträgt das Gewicht eines 10-PS-Motors einer bekannten deutschen Firma etwa 190 kg, das des entsprechenden neuen AEG-Motors nur 115 kg; bei den anderen Leistungsstufen liegen die Verhältnisse ähnlich. Diese Ersparnis wird in der Hauptsache durch eine sehr scharfe Ausnutzung des aktiven Materials ermöglicht, unter Anwendung einer neuartigen Wickelkopfkühlung. Starke Ventilationsflügel, deren Eigenkraftbedarf sehr gering ist, kühlen die Wickelköpfe so energisch, daß ein sehr wirksames Wärmegefälle entsteht, sodaß die entwickelte Wärme schnell nach außen abgeleitet wird. Ein axialer Luftdurchzug findet dabei nicht statt, sa daß ein Versagen der Kühlung infolge Verstopfung von Kühlluftwegen durch Staub nicht eintreten kann und ein Verschmutzen des Motorinneren vermieden wird.

Bild 1. Normaler Drehstrommotor, Type AVDN.

Bild 2. Normaler Webstuhlmotor.

Die Typenreihe entspricht den Vorschriften der REM; die DIN-Richtlinien werden in der Hauptsache eingehalten, nur in den einzelnen Leistungen sind Änderungen eingetreten.

Die Motoren werden mit Gleit- oder Kugellager, in offener (Bild 1) und bis 4 kW — auch in vollständig geschlossener Bauart hergestellt.

Bild 3. Normaler Motor mit Mantelkühlung.

Für Leistungen bis 2 PS, 1000 U/min u. PS, 2,7 1500 U/min sind auch Spezialmotoren für den Antrieb von Webstühlen entwickelt (Bild) 2).

Bei den größeren Modellen in geschlossener Bauart können die Vorteile der erwähnten Kühlung nicht zur Auswirkung gelangen; man wendet deshalb die sogenannte Mantelkühlung an, bei der nur 10 bis 15 % Leistungsverlust eintreten (Bild 3).

Den Forderungen der Landwirtschaft entspricht der Motor mit gekapselten Schleifringen (Bild 4), bei dem eine Berührung spannungsführender Teile unmöglich gemacht wurde.

Bild 4. Landwirtschaftsmotor mit geschlossenen Schleifringen.

Für den modernen Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen werden die Motoren in Ausführungen hergestellt, die es gestatten, sie so mit der anzutreibenden Maschine zu verbinden, daß eine organische Einheit entsteht. Erreicht wird dies zum Teil durch Anbringen von Zwischenflanschen oder Flanschlagerschilden. Vielfach wird der Motor auch ohne Fuß und ohne antriebseitigen Lagerschild geliefert, so daß der Kunde den Motor mit seiner Maschine selbst zu einer konstruktiven Einheit zusammenbaut (Bild 5).

Bild 5. Direkter Anbau eines Motors an eine Werkzeugmaschine.

Für Holzbearbeitungsmaschinen wird ein modifizierter Motor geliefert, dessen Welle weggelassen ist, so daß der Rotor direkt auf die Arbeitswelle montiert werden kann (Bild 6).

Die Motoren haben sich auch unter schwierigsten Betriebsverhältnissen sehr gut bewährt. Die große Nachfrage ermöglichte, die Wandertischfabrikation so auszubauen, daß mit Hilfe der auch bei der Montage erzielten Ersparnisse die Preise bis unter die der Vorkriegszeit gesenkt werden konnten.

Bild 6. Vollkommener Einbau eines Motors in eine Werkzeugmaschine.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G. m. b. H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN
für Wasser-, Gas- Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE
Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane
ATG
Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE
Elektro-Flaschenzug
Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

AUFZÜGE Hebezeuge,
Fahrtreppen, Elektromotoren
CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE
für Personen, Lasten, Speisen, Akten
Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

AUFZÜGE
Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

AUFZÜGE
SCHINDLER 1874
jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE
für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
STAHL
Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN
Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

AUTOWERKZEUGE
F.D. Weltmarke
Paul F. Dick, Esslingen a. N.
Stahlwaren- und Werkzeugfabrik.

B

BIEGSAME WELLEN
Maschinenfabrik Otto Püschel
Berlin-Lichterfelde-West

BRUNNENBAU
(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER
Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFHÄMMER
bis 20000 kg Fallgewicht
Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen,
Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.
J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

KREUSER-
DAMPFHÄMMER
D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H. Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER
Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung
Elektr. Fernübertragung.
Elektrische Rauchgasprüfer
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER
Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

STABE-
DAMPFMESSER
Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend mit automatisch. Druckberücksichtigung Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 328
In Hunderten von Ausführungen geliefert für Dampfmaschinen, Dampfhämmer, Walzenzugmaschinen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R 24
Feodor Stabe Apparatebauanstalt
Berlin SO 26

PONDO-
DAMPFMESSER
mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DIESELMOTORE-
Dichtungsmaterialien;
desgl. für Dampfmaschinen
fertigt als Spezialität seit 25 Jahre
Markus M. Bach, Berlin W 15

E

ELEKTRO-FLASCHENZU
Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

DEMAG **ELEKTROZÜG**
Bauart Demag,
¼ bis 5 t Tragkraf
Lager im In- u. Ausla
Demag-Duisburg

ENTÖLER
F. Mattick
Dresden 24c, Münchener Straße
Maschinenfabrik u. Eisengießer
in Pulsnitz i. Sa.

F

FABRIK-ANLAGEN
für chem. Großindustrie
Transport-, Zerkleinerungs-,
Trocken-, Verdampf-Apparate
G. Sauerbrey Maschinenfabrik Aktiengesellschaft-Staßfurt

FALLHÄMMER
Original-EUMUCO
bis 15000 kg Fallgewich
Neuartige Konstruktion
Größte Wirtschaftlichke
EUMUCO
Aktiengesellschaft für Maschinenbau
Schlebusch-Manfort

FEILEN
aller Art
in anerkannt bewährter Güte und Ausführung, auch Nadel- und Präzisionsfeilen
Robel & Co., München S 50
Feilen-, Sägen- u. Maschinen-Fabri
Thalkirchnerstr. 210—222

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Die Leistungsbewertung bei den AEG-Einheits-Kranmotoren.

Mitteilung der AEG.

Bei den Motoren zum Antrieb von Kranen, Aufzügen und sonstigen dem Nahtransport dienenden Maschinen wechseln kurze Einschaltungen mit Pausen ab, die fast immer länger als die Einschaltzeiten sind. Bei diesem aussetzenden Betrieb steigt die Erwärmung des vollbelasteten Motors nach dem in Bild 1 dargestellten zickzackförmigen Linienzug bis zum Grenzwert an, bei dem sich Erwärmung und Abkühlung die Wage halten. Das Verhältnis der Einschaltzeit (tm) zur Spieldauer (T = Einschaltzeit + stromlose Pause) wird als „relative Einschaltdauer" (ED) bezeichnet. Die z. B. für $\frac{t_m}{T} = 0{,}25$ erzielbare Leistung ist die „Aussetzleistung bei 25 % ED". Die Regeln des VDE (REM 1923) bestimmen 15, 25 und 40 % ED als Normalwerte der Abstempelung, um die Leistung eines Motors dem „leichten", „normalen" und „schweren" Betrieb anzupassen. Die Dauer der einzelnen Einschaltungen ist beliebig veränderlich, nur darf die Spieldauer $T = 10$ min nicht überschreiten. Bei 40 % ED entspricht dies $t = 4$ min.

t = Zeit, t_m = Einschaltzeit, T = Spieldauer
τ = Temperatur, τ_m = Grenztemperatur.

Bild 1. Motortemperaturverlauf bei aussetzendem Betrieb.

Die VDE-Regeln bestimmen, daß jede Einschaltung mit der gleichen, auf dem Schild abgestempelten Leistung zu erfolgen hat. Dieser „Gleichleistungsbetrieb" ist in Bild 2 durch die ausgezogenen Linien dargestellt, und zwar im oberen Diagramm für 15 % ED, im unteren für 25 % ED. Im Kranbetrieb wird nun die eine Weghälfte des Kranspieles mit Last, die andere Hälfte ohne Nutzlast zurückgelegt. Da sich der Motor beim Heben des leeren Hakens weniger stark erwärmt als beim Heben der vollen Last, so kann bei diesem „Wechselleistungsbetrieb" die gleiche Leistung während einer längeren relativen Einschaltdauer abgegeben werden als beim Gleichleistungsbetrieb. Für Hubwerke mit Seilflasche gilt:

25 % ED Wechselleistung = 15 % ED Gleichleistung,
40 % ED Wechselleistung = 25 % ED Gleichleistung.

Bild 2 zeigt durch die gestrichelten Linien den Wechselleistungsbetrieb für 25 % ED (oben) und 40 % ED (unten) für einen Drehstrom-Asynchronmotor.

t = Einschaltzeit
T = Spieldauer
Index t_{15} = 15% ED
Index t_{25} = 25% ED
Index t_{40} = 40% ED

Bild 2. Gleichleistungsbetrieb (—) und Wechselleistungsbetrieb (- - - -) eines Drehstrom-Asynchronmotors.

Bevor der VDE den Begriff „relative Einschaltdauer" schuf, war es üblich, die Kranmotoren nach der „Zeitleistung" für „kurzzeitigen Betrieb" zuwählen. Dies ist die Leistung, die der Motor bei einer ununterbrochenen Einschaltung, die 30, 45, 60 oder 90 min dauern kann, abzugeben vermag. Ununterbrochene Einschaltungen von 30 bis 90 min Dauer, die vielstündige Arbeitspausen bedingen, kommen weder bei Kranen und Aufzügen, noch bei den meisten sonstigen Transportmaschinen vor. Die Leistungsbewertung nach der Zeitleistung erfaßt aber auch nicht die Wärmeabgabefähigkeit des Motors während der sich über den ganzen Tag erstreckenden Betriebszeit des Kranes. Aus diesen Gründen bestimmte der VDE, daß vom 1. Januar 1923 an statt der Zeitleistung die Aussetzleistung für eine bestimmte relative Einschaltdauer als Leistungsbewertung für Kranmotoren maßgebend sein solle.

Welche praktische Bedeutung die Bewertung nach der relativen Einschaltdauer für die Erkenntnis der wirklichen Belastbarkeit der Motoren hat, zeigt in Bild 3 der Vergleich der Zeit- und der Aussetzleistungen eines Drehstrom-Asynchronmotors, der einmal bei vollständig geschlossenen Deckeln (Leistung L_g), das andere Mal bei abgenommenen Deckeln in offener Ausführung (Leistung L_o), geprüft wurde*). Dies Bild läßt erkennen, daß die 30-Minutenleistung beim offenen Motor genau die gleiche (18 kW) ist wie beim geschlossenen. Diese Leistung kann beim geschlossenen Motor während 18 % ED, dagegen beim offenen Motor während 28 % ED, also während einer mehr als 50 % größeren Einschaltdauer, abgegeben werden. Durch Öffnen der Deckel konnte beim 30-Minutenbetrieb keine Leistungssteigerung gegenüber dem geschlossenen Motor erzielt werden; bei 18 % ED dagegen leistet der offene Motor 25 % mehr als der geschlossene. Der Grund für diese wesentlich höhere Belastbarkeit ist darin zu suchen, daß die bessere Wärmeabgabefähigkeit des offenen Motors sich während einer achtstündigen Betriebsdauer viel stärker auswirkt als während 30 min. Die bessere Wärmeabgabefähigkeit ist auch maßgebend dafür, daß bei gleicher Minutenzahl der kleine Motor für eine längere ED ausreicht als der große und der geschlossene Drehstrommotor reichlicher ist als der geschlossene Gleichstrommotor gleicher Minutenleistung.

ED = relative Einschaltdauer, L_o = bei offener Ausführung,
L = Motorleistung, L_g = bei geschlossener Ausführung

Bild 3. Leistungsbewertung eines Ds-Asynchronmotors offen und geschlossen, nach Zeit- und Aussetzleistungen.

Aus obigen Betrachtungen ergibt sich, daß zur richtigen Berechnung, Konstruktion und Planung von Kranmotoren die relative Einschaltdauer zugrunde gelegt werden muß. Diese Erkenntnis war bestimmend dafür, die DIN/VDE-Normung der Kranmotoren auf der Aussetzleistung bei 25 % ED aufzubauen. Die Einheitskranmotoren der AEG für Gleich- und Drehstrom entsprechen dieser Leistungsbewertung und Normung.

*) Eingehende Untersuchungen über das Wärmeverhalten der Motoren im aussetzenden Betrieb sowie die sonstigen Arbeitsbedingungen, die bei der Planung zu berücksichtigen sind, enthält das im Verlag S. Hirzel, Leipzig, erschienene Buch von C. Schiebeler „Elektromotoren für aussetzenden Betrieb und Planung von Hebezeugantrieben".

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Wirtschaftliche Holzbearbeitungsmaschinenantriebe.

Mitteilung der AEG.

Auf der Leipziger technischen Messe 1927 konnte festgestellt werden, daß die Elektrifizierung der Holzbearbeitungsmaschinen in beschleunigtem Tempo vor

Bild 1. Abricht-Hobelmaschine mit Einbaumotor direkt auf der Messerwelle (Maschinenfabrik Erfordia, Erfurt).

sich geht. Fortschritte sind in der Richtung zu verzeichnen, daß man es ermöglicht hat, statt teurer Sondermotoren die Hauptbestandteile der normalen, in großen Mengen erzeugten Motoren als Einbaumotoren für die meisten Zwecke zu verwenden.

Bild 2. Walzenhobelmaschine mit Einbaumotor direkt auf der Messerwelle (Maschinenfabrik Erfordia, Erfurt).

Bild 1 zeigt an einer Abricht- und Bild 2 an einer Walzenhobelmaschine, wie die Statorgehäuse und Läufer der normalen AEG-Drehstrommotoren in technisch richtigen Ausführungen Verwendung finden; das gleiche gilt für die Tischlerkreissäge mit schwenkbarem Tisch, Bild 3. Bei Bandsägen erfolgt der Einbau direkt in das Maschinengestell, wie Bild 4 zeigt, wobei die Lagerschilder oben vollständig geschlossen ausgeführt werden.

Bild 3. Tischlerkreissäge mit Einbaumotor direkt auf der Messerwelle (Maschinenfabrik Erfordia, Erfurt).

Bei der Zapfenloch-Kettenfräsmaschine mit riemenlosem Elektroantrieb, Bild 5, befindet sich der Hauptmotor im oberen Ständer. Er ist direkt im Frässchlitten eingebaut und wird mit diesem durch den Handhebel auf- und abbewegt. Bei der ersten Bewegung des Handhebels wird der Motor eingeschaltet; das Ausschalten geschieht gleichfalls selbsttätig, wenn der Schlitten in seine Anfangsstellung zurückkehrt. Neben dem Frässchlitten ist noch ein zweiter Schlitten mit eingebautem Motor als Hohlmeißelapparat vorgesehen. Bei Ausführung der Maschine mit selbsttätiger Auf- und Abbewegung des Frässchlittens kommt noch ein dritter Motor zur Anwendung, der mittels Fußhebels eingeschaltet wird und nach Loslassen des Fußhebels zum Stillstand kommt, sobald der Frässchlitten seine obere Anfangsstellung wieder erreicht hat.

Die vorstehenden Beispiele stellen nur eine kleine Auswahl dar, denn die Anwendbarkeit der normalen Einbaumotoren ist bei fast allen Hebebearbeitungsmaschinen gegeben und bereits durchgeführt worden.

Während bei den vorbeschriebenen Maschinen Drehstrom-Kurzschlußmotoren direkt auf die Arbeitswellen aufgebaut sind, zieht man es bei Gleichstrom vor, die Motoren mit ihren eigenen Wellen und Lagern zu belassen und die Wirtschaftlichkeit des Antriebes durch günstigen Anbau (Anflanschen) der Motoren zu erreichen.

Außer den vorstehenden Normal-Einbaumotoren liefert die AEG auch Spezial-Einbaumotoren mit besonders kleinem Durchmesser und entsprechend großer Länge, weil bei einzelnen Maschinen, wie Kreissägen, Fräsmaschinen u. dergl. der Motor mit normalem Durchmesser hinderlich wäre. Bei diesen Spezialeinbaumotoren (DRP) wird der Stator durch zwei miteinander verschraubte Behälter gefaßt, die durch Zinken ineinander eingreifen. Auf diese Weise können Statorblechpakete beliebiger Breite gebildet werden, bei denen jede Blechlamelle genau zentriert und unverschiebbar gehalten ist, während bei vernieteten oder in eine Blechkapsel gepreßten Blechpaketen sehr leicht eine Verlagerung eintreten kann, die bei dem kleinen Luftspalt zwischen Stator und Rotor infolge der Erschütterungen durch den Betrieb zu Störungen und zu Beschädigungen führen kann. Bei den AEG-Spezial-Einbaumotoren ist aber jede Veränderung des Blechpaketes ausgeschlossen.

Bild 4. Bandsäge mit Einbaumotor direkt auf der Hauptwelle (Phönixwerk, Meerane).

Bild 5. Zapfenloch-Kettenfräsmaschine mit Einbaumotoren (Maschinenfabrik F. Fikentscher, Leipzig)

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::
Man verlange neuen Prospekt 101B
Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER

nach dem Zentrifugen-Prinzip
R. Scheibe & Söhne
G. m. b. H.
Leipzig, Hohestr. 15

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.
Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

AUFZÜGE

Transport- und Verladeanlagen
Elektrohängebahnen
Verladebrücken
Nahförderer · Krane

ATG

Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Maschinenfabr.
Leipzig

AUFZÜGE

Elektro-Flaschenzug
Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

AUFZÜGE Hebezeuge,

Fahrtreppen, Elektromotoren
CARL Flohr A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge
Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE

jeder Art und Größe
Schindler Aufzügefabrik
G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art
Schüle & Co. Feldkirchen München
Fr. Schüle & Co.,
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE STAHL

Paternoster
Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

in moderner Ausführung
mit Treibscheibe oder Seiltrommel sowie
Feineinstellung selbsttätig wirkend
UNRUH & LIEBIG
Abt. d. Peniger Maschinenfabr. A.-G.
Leipzig W 31

AUFZÜGE · KRANE TRANSPORTANLAGEN

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a/M.-West

B

BRUNNENBAU

(Rohrfilterbrunnen)
Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFDRUCKVERMINDERUNGSVENTILE

auch f. Preßluft, Gas usw. geeignet, ohne Quecksilber u. ohne Membrane.
D. R. P. und Ausl.-Pat. angem.
Robel & Co., München S 50

DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht
Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen,
Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.
J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

KREUSER-
DAMPFHÄMMER

D. R. P.
mit Selbststeuerung oder Handventilsteuerung in ein- u. zweiständriger Ausführung für Reck- und Gesenkarbeiten
Adolf Kreuser G. m. b. H. Hamm (Westf.)
Werkstattausführg.: Wagner & Co., Werkzeugmaschinenfabrik m. b. H., Dortmund.

DAMPFMESSER

Gas-, Preßluft-, Wassermesser mit Schreib- und Zählwerk, autom. Druckberichtigung
Elektr. Fernübertragung.
Elektrische Rauchgasprüfer
Dr. Martin Böhme
Berlin W 50.

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren,
Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P.,
elektrische Fernübertragungen,
Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser.
Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER

aller Art
Grauguß und Metallguß
Eisenwerk Schwedt
Dipl.-Ing. Ernst Claassen
Schwedt (Oder)

STABE-
DAMPFMESSER

Preßluft- und Wassermesser
anzeigend und registrierend m
automatisch. Druckberücksichtigun
Stabe-Dampfmesser D.R.P. 365 32
in Hunderten von Ausführunge
geliefert für Dampfmaschiner
Dampfhämmer, Walzenzugmaschi
nen, Fördermaschinen u. dergl.
Man verlange Referenzenliste R 2
Feodor Stabe Apparatebauanstal
Berlin SO 26

PONDO-
DAMPFMESSER

mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Otto Wagner
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

DIAMANTEN

für die Industrie
1879
Joh. Urbanek & Co.
nur
Frankfurt-Main 3

DIESELMOTORE-

Dichtungsmaterialien;
desgl. für Dampfmaschinen
fertigt als Spezialität seit 25 Jahren
Markus M. Bach, Berlin W 15

E

ELEKTRO-FLASCHENZU

Einf. Konstruktion
Vielseitigste Verwendungsmöglichkeit
Bamag Dessau

DEMAG
ELEKTROZÜG

Bauart Demag,
¼ bis 5 t Tragkraft
Lager im In- u. Auslan
Demag-Duisburg

ENTÖLER

F. Mattick
Dresden 24c, Münchener Straße 30
Maschinenfabrik u. Eisengießerei
in Pulsnitz i. Sa.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

V·D·I
ANZEIGENBERATUNG
BERLIN NW7 · DOROTHEENSTR. 40
FERNSPRECHER
ZENTRUM 15200 UND MERKUR 5460

11.4.1927.

Offener Brief
an die deutsche Industrie

In der einschlägigen Fachpresse ist gegen die deutsche Industrie in den letzten Jahren wiederholt der Vorwurf einer gewissen Rückständigkeit in ihrer Anzeigenwerbung erhoben worden. Zweifellos war dieser Vorwurf berechtigt, solange die technische Anzeige in weitesten Kreisen lediglich als eine Angelegenheit der Repräsentation empfunden und dementsprechend behandelt wurde. Die Gerechtigkeit erfordert es aber, hier ebenso offen auszusprechen, dass man gerade in Industriekreisen in letzter Zeit nicht müssig gewesen ist. Die aufsteigende Linie in der Ausgestaltung technischer Anzeigen ist unverkennbar. Ein Spiegel dieser Entwicklung ist der Anzeigenteil der in jedem Jahre erscheinenden Hauptversammlungsnummer der VDI-Zeitschrift.

Die Hauptversammlungsnummer des Vereines deutscher Ingenieure steht wieder vor der Tür. Nach den offensichtlichen Bemühungen um eine Veredlung der technischen Anzeige im verflossenen Winterhalbjahr rechnet man in der diesjährigen Hauptversammlungsnummer augenscheinlich auf ein besonders reichhaltiges und wertvolles Anschauungsmaterial. Denn in der letzten Zeit haben sich die Zuschriften derer gehäuft, die sich wegen seines wertvollen Inhaltes in Text und Anzeigenteil dieses Heft unabhängig von dem laufenden Jahrgang unversehrt zu erhalten wünschen. Der VDI-Verlag wird diesen Wünschen durch kostenlose Nachlieferung des Textteiles für die Zwecke des Einbindens Rechnung tragen, soweit ein entsprechendes Ersuchen rechtzeitig, d.h. innerhalb der nächsten vier Wochen, an ihn gerichtet wird. Angesichts der längst anerkannten ungewöhnlichen Bedeutung gerade dieser Nummer halten wir es aber für unsere Pflicht, vor ihrer Drucklegung auf ihre Einschätzung, wie sie aus dem vorstehenden Hinweis spricht, noch einmal aufmerksam zu machen.

VDI-ANZEIGENBERATUNG

V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Bd. 71 | Berlin, 25. Juni 1927 | Nr. 26

Aus dem Inhalt * Fünfzig Jahre Patentamt / Wertung von Verbrennungsmaschinen / Anstrichtechnik / Flüssigkeitsgetriebe / Schul- und Verkehrsflugzeug / Herstellung von wasserfreiem Alkohol durch Druckdestillation / Kohlenverladebrücke mit Sieberei / Maschinenmäßiger Bergeversatz / Wilhelm Lorenz † / Mitteldeutscher Braunkohlenbergbau / Prüfung von Hochspannungs-Isolatoren / Brennen von Stuckgips / Hochdruck-Dampfbetrieb. * **Seite 909 bis 940**

(Vollständiges Inhaltverzeichnis S. 940 des Textteiles)

Literaturfahne nebst Bezugbedingungen, Anzeigenpreisen, Anschriften, Nachweis der im Anzeigenteil angekündigten Erzeugnisse und Beilagenverzeichnis unmittelbar vor Textbeginn
Vorankündigung von Aufsätzen siehe Anzeigenseite 47.

Die Bezugsgebühr für das 3. Vierteljahr ist am 1. Juli 1927 fällig.

Vorausschau

MITTEILUNGEN DES V·D·I = VERLAGES

(Nach Angaben der VDI-Schriftleitungen)

58

VDI-Zeitschrift

Dipl.-Ing. *R. Roßmann*, München: Überblick über die bauliche Entwicklung der Webemaschinen.

Nach einer einleitenden Erläuterung von Arbeitsweise und Zweck des mechanischen Webstuhles werden an der Hand der beiden Hauptbewegungsarten die verschiedenen baulichen Möglichkeiten entwickelt und in ihren wichtigsten Eigenschaften wiedergegeben. Die Versuche, die Webemaschine selbsttätig arbeitend zu gestalten und die verschiedenen grundsätzlichen Wege dabei werden beschrieben, und der letzte Stand der Entwicklung wird gezeigt.

Dr. sc. techn. *Huggenberger*, Zürich: Festigkeit halbkreisförmiger Platten und Dampfturbinen-Leiträder.

Nach einem Hinweis auf die mathematische Lösungsmöglichkeit der Festigkeitsaufgaben halbkreisförmiger Platten werden die eingehend ausgeführten Versuche zur Bestimmung der verformten Mittelfläche und des Auflagedruckes kurz beschrieben. Die an der Hand der Versuchsergebnisse ausgearbeiteten praktischen Verfahren zur Ermittlung der größten Durchbiegung halbkreisförmiger Platten und Leiträder werden angedeutet.

VDI-Nachrichten

In einer demnächst erscheinenden Fachbeilage der VDI-Nachrichten wird auf ein besonderes Gebiet der Technik, „Das Markscheidewesen", eingegangen. Da die Einzelheiten der Markscheiderarbeit weniger bekannt sind, behandelt hier Markscheider und Landmesser *Patscheck*, Berlin, ausführlich die allgemeinen Fragen, die auf diesem Gebiet auftreten, die Arbeiten des Markscheiders, wie z. B. Herstellung eines Grubenbildes und der Profile von Lagerstätten im Kohlen-, Kali- und Erzbergbau. Er beschreibt ferner, wie ein Verleihungsriß aufgestellt wird, und befaßt sich dann mit den einzelnen Arten der Aufnahmen, wozu die Photogrammetrie und die praktische Geophysik wichtige Hilfsmittel sind. Bei der Herstellung des Grubenbildes sind besonders wichtig die Anschlußmessungen von über Tage nach unter Tage, für die besondere Sorgfalt aufzubringen ist und die besondere Geräte, die in der Fachbeilage erklärt werden, erfordern. Zum Schluß wird noch kurz auf den Ausbildungsgang der Markscheider und die Aussichten dieses Berufs eingegangen.

Technik und Wirtschaft

Direktor *Dieterich*, Berlin: Das behördliche Verdingungswesen.

Grundlagen und Mißstände des behördlichen Verdingungswesens — Reformbestrebungen; die Verdingungsordnung für Bauleistungen vom Mai 1926 — Forderungen für die weitere Ausgestaltung des Verdingungswesens unter besonderer Berücksichtigung des Maschinenbaues — Zusammenfassung.

V·D·I

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

. 71 | 25. Juni 1927 | Nr. 26

AHNE FÜR DIE VDI-LITERATUR-KARTEI

Fachgebiet (ach eigener Wahl einzutragen)	Aufsatztitel	Verfasser

im vorliegenden Heft enthaltenen Aufsätze mit knapper Inhaltsangabe zum Einkleben in die VDI-Literatur-Kartei

eikarten gegen Voreinsendung von 8.00 RM. je 1000 Stück sind zu beziehen vom VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7.

	Fünfzig Jahre Patentamt	Rösing, B. Dr.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Band 71, Nr. 26 v. 25. 6. 1927, S. 909/913

Entwicklung des Patentwesens im In- und sland — Entstehung des deutschen Patentamts unter dem Einfluß der Industrie und der technischen Verbände — Ausbau des Amtes und Ausdehnung seiner Zuständigkeit auf verwandte Rechtsgebiete — Bedeutung für das Wirtschaftsleben — Rückblicke und Ausblicke.

	Kritische Betrachtungen über die Wertung von Verbrennungsmaschinen	Langer, P. Prof.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Band 71, Nr. 26 v. 25. 6. 1927, S. 914/918

Vergleich- (Ideal-) Prozeß für die Ermittlung r Gütegrade aller Verbrennungsmaschinen ist der Otto-Prozeß. Wichtig für die Wertung sind außer dem Wärmeverbrauch die Abgastemperaturen, die Wärmedichte, die Belüftungszahl und richtig aufgestellte Wärmebilanzen.

	Versuche an einem Flüssigkeitsgetriebe	Pauer, W. Prof. Dr.-Ing.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Band 71, Nr. 26 v. 25. 6. 1927, S. 919/924

Versuche an einem 50 PS-Schwartzkopff-Huwiler-Getriebe — Wirkungsgrad, Leistungsverlust und Verteilung der Verluste in Schlupf- und Reibungsverlust unter verschiedensten Betriebsbedingungen.

	Die technische Herstellung von wasserfreiem Alkohol durch Druckdestillation	v. Keussler, Otto Dr.-Ing.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Band 71, Nr. 26 v. 25. 6. 1927, S. 925/928

Als wirtschaftliches Verfahren zur Großherellung von wasserfreiem Alkohol hat sich die estillation von Sprit mit Benzol nach Young rchgesetzt. Eine grundlegende Verbesserung dieses Verfahrens in bezug auf Ausbeute und Wärmewirtschaft ist die Druckdestillation des Sprit-Benzol-Gemisches. Eine Apparatur für eine tägliche Leistung von 25 000 l absoluten Alkohol wird beschrieben und die stufenweise folgende Ausnutzung der Wärme gezeigt.

der bisher vorliegende Auszug aus der Internationalen Dezimal-Klassifikation sich als nicht ausreichend erwiesen lassen wir bis auf weiteres die DK-Bezeichnung, die in den früheren Literaturfahnen enthalten war, wieder fort.)

chweis der im Anzeigenteil angekündigten Erzeugnisse und der Beilagen siehe 3. und 4. Seite der Fahne

A. Bezugbedingungen

I. Für Bezieher, die nicht dem V. d. I. angehören

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verlag***) erbeten.)

Die VDI-Zeitschrift erscheint wöchentlich und wird nur vierteljährlich (Ausland ganzjährig) abgegeben. Die B stellung läuft stillschweigend weiter, wenn nicht 4 Wochen vor Quartal- bzw. Jahresschluß eine Abbestellu erfolgt. Die VDI-Zeitschrift kann durch den Verlag, durch die Post und durch den Buchhandel bezogen werde

Die Bezugsgebühren betragen:

Inland (einschließlich Danzig, Memel- und Saargebiet): Jährlich RM 40.—, vierteljährlich RM 10.- Einzelheftpreis: RM 1.75, für Mitglieder RM 1.50 zuzüglich RM 0.20 Porto.

Ausland mit vollem Drucksachenporto (Vereinigte Staaten von Amerika, Australischer Bund, Bo vien, Brasilien, Britisch-Indien, China, Dänemark, Ekuador, Großbritannien, Italien, Japa Kanada, Kolumbien, Niederländisch-Indien, Norwegen, Peru, Polen, Schweden, Schweiz): Jäh lich RM 59.— einschl. der Portokosten.

Übriges Ausland mit ermäßigtem Drucksachenporto: Jährlich RM 50.40 einschl. der Portokosten. (Zahlungen aus Österreich auf unser Postsparkassenkonto Wien 174439 erbeten.)

Erfüllungsort: Berlin, Gerichtsstand: Berlin-Mitte. — Notwendig werdende Nachforderungen vorbehalten.

II. Für Mitglieder des V. d. I.

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verein****) erbeten.)

Die Bezugsgebühr für die VDI-Zeitschrift ist in dem Mitgliedbeitrag eingeschlossen. Er beträgt a) Inland: RM 30.—, b) Ausland: RM 37.50 einschließlich Portoanteil.

Für diesen Beitrag werden außerdem die VDI-Nachrichten kostenlos geliefert.

Beitragszahlungen sind nur an den **Verein****) zu richten. Die Lieferung wird erst nach Entrichtung d Beitrages aufgenommen, der satzungsgemäß vor Beginn jedes neuen Vereinsjahres zu entrichten ist.

Bestellungen auf **Einzelhefte** sind an den **Verlag***) zu richten. (Einzelheftpreis für Mitglieder RM 1. zuzügl. 20 Pf. Porto.)

B. Anzeigenpreise

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verlag***) erbeten.)

1/1	1/2	1/4	1/8	1/16 Seite
430.—	230.—	120.—	65.—	35.— RM

Nachlaß: bei	6	13	26	52 Aufnahmen innerhalb Jahresfri
	5	10	20	30 vH

Eintragungen im Bezugsquellen-Nachweis werden mit RM 0.72 für die einspaltige Millimeterhö berechnet.

Kleine Anzeigen werden mit RM 0.36 je mm Höhe der 27 mm breiten Spalte berechnet, Stellengesuc für Mitglieder mit RM 0.20, sofern die Bestellung an den Verlag direkt erfolgt, für Nichtmitglieder mit RM 0. je mm Höhe.

Annahmeschluß für allgemeine Anzeigen Mittwoch in der Woche vor Erscheinen; für kleine Anzeig Montag früh in der Erscheinungswoche.

Der Verlag behält sich vor, die Aufnahme von Anzeigen und Beilagen ohne Angabe von Gründen abz lehnen und laufende Aufträge einzustellen. Im übrigen gelten die Bedingungen der Arbeitsgemeinschaft tec nisch-wissenschaftlicher Zeitschriftenverleger ATZ, der folgende Verleger angehören: VDI-Verlag, G. m. b. H Berlin, Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Verlag Glückauf m. b. H., Essen.

Erfüllungsort: Berlin-Mitte.

*) **VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40.**

Fernsprecher: Merkur 3126, 3127, 4483, 4484, 5460, 6104, 6171, 7454.
Postscheckkonto: Berlin 102373. Drahtanschrift: Ingenieurverlag.
Bankkonto: Dresdner Bank, Dep.-Kasse F, Spittelmarkt.
Geschäftszeit: 8 bis 4¾ Uhr, Sonnabends bis 1 Uhr.

) **Verein deutscher Ingenieure Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

Fernsprecher: Zentrum 152 00 bis 152 18, 152 24.
Postscheckkonto: Berlin 6535. Drahtanschrift: Ingenieurverein.
Bankkonto: Deutsche Bank, Dep.-Kasse A, Mauerstraße.
Geschäftszeit: 7¾ bis 4½ Uhr.
Sonnabends bis 1 Uhr.

NACHWEIS

DER IM ANZEIGENTEIL ANGEKÜNDIGTEN ERZEUGNISSE

Zur besseren Übersicht und schnelleren Orientierung sind nachstehend die Erzeugnisse aufgeführt, die in den Anzeigen des vorliegenden Heftes angekündigt werden. Die Zahlen hinter den Stichwörtern benennen die Seiten mit den betreffenden Anzeigen. Anzeigen und Firmen wechseln zum Teil. Es empfiehlt sich deshalb, im Bedarfsfalle immer mehrere aufeinanderfolgende Hefte durchzusehen.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

LEDER-MANSCHETTEN

Leder- u. Treibriemen-Fabriken
Ernst Luckhaus A.-G.
Duisburg, Postfach 143

LUFTFILTER

Alfred Budil
G.m.b.H.
Berlin-Tempelhof

LUFTFILTER

K. & Th. Möller, G.m.b.H., Brackwede

LUFTFILTER GEA

A. Schirp G.m.b.H., Essen
Fernspr. 25681 Telegr.-Adr. Reinluft

MANOMETER

Fabrik-Zeichen

anzeigend und schreibend, Zugmesser, Luftmengenmesser, Feindruckmesser, Thermometer, auch mit ablaufenden Papierstreifen, Druckregler, Pyrometer, Kondenstopf-Kontr.-Apparate.

J. C. Eckardt A.-G.
Stuttgart-Cannstatt.

MATERIAL-PRÜF-MASCHINEN

zum Prüfen von Werkstoffen aller Art

Mannheimer Maschinenfabrik
Mohr & Federhaff
Mannheim

MESSAPPARATE

nach dem Differenzdruckprinzip für Wasser und sonstige Flüssigkeiten, Dampf, Preßluft usw., Mechanische und elektrische Anzeige-, Registrier- und Summierungs-Apparate.

Bopp & Reuther
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

MISCHER

für Mörtel u. Beton.
Straßenbaumischer
Teermakadammischer
Steinbrecher
Walzwerke
Sand- und Kieswäschen

Maschinenfabrik
Dr. Gaspary & Co.
Markranstädt b. Leipzig
Katalog 56 frei

NIVELLIER-INSTRUMENTE

Spez. Taschen-Nivelliere

mit Rechtwinkel M. 40.—. ohne Rechtwinkel M. 33.—.

Theodolite, Meßgeräte, Reißzeuge und Zeichenmaterialien.
Jllustrierte Preisliste gratis.
Georg Butenschön,
Bahrenfeld bei Hamburg.

PACKUNG

S. E. A. RINGE - STULPEN - MANSCHETTEN
Vertrieb Berlin W 15

PERPLEX-PLUNGER-PUMPEN

für alle Zwecke

W. Sorrer & Co.
Maschinenfabrik
Bückeburg-J.

PLÄTTEREI-MASCHINEN

Engelhardt & Förster G.m.b.H.
Wäschereimasch.-Fabrik, Bremen
Original-Absaugmangel
Urspr. Patent 131918

PRESSLUFT-ANLAGEN MASCHINEN u. WERKZEUGE

für die Metallbearbeitung.
Seit 20 Jahren bewährt.
Bedeutendste Spezialfabrik.
Preßluftwerkzeug- und Maschinenbau A.-G.
Berlin-Oberschöneweide

PRESSLUFT-WERKZEUGE

FMA

Preßluft-Werkzeuge für alle Verwendungszwecke
Frankfurter Maschinenbau-Akt.-Ges.
vorm. Pokorny & Wittekind
Frankfurt a. M.

PRESSPUMPEN

hydraulische für Hand- u. Kraftbetrieb, Probierpumpen und Hochdruckarmaturen fertigt in bester Güte
Richard Horst & Co.
Urach 1 (Württbg.

Hydraulische Hochleistungs-
PRESSPUMPEN

in schwerstem Dauerbetrieb seit Jahren bewährt
Rittershaus & Blecher G.m.b.H.
Barmen-U.
Maschinenfabrik u. Eisengießerei

PUMPEN

Kreiselpumpen, Kurbelpumpen, Kompressoren, Säure-Pumpen und Armaturen
Selbstansaugende Patent-Kreiselpumpen für Hoch- und Niederdruck, Patent-Feuerlöschpumpen, Hydraulische Preßpumpen

Amag-Hilpert-Pegnitzhütte
Nürnberg.

PUMPEN

in allen Ausführungen
Kellereimaschinen
fabriz. seit 50 Jahren
Boldt & Vogel
Maschinenfabrik
Hamburg 8

PUMPEN

jeder Art, wie Kreiselpumpen, ein- und mehrstufig, Turbinenpumpen, Diffusorpumpen
Carlshütte A.-G.
für Eisengießerei u. Maschinenbau
Waldenburg-Altwasser (Schlesien).

PUMPEN

für alle Zwecke
Evo-Automaten und Evo-Pumpen D.R.P.

Chemnitzer Maschinenfabrik
G.m.b.H.
Chemnitz i. Sa.

PUMPEN

Kolben-, Plunger-, Säure-Simplexspeisepumpen, Preßpumpen, Schieberluftpump[en] auch für Hochvakuum, Ventilkompressoren.

A. L. G. Dehne, Halle-S.

PUMPEN

für Industrie und Landwirtschaft

Alfred Kratzsch, Maschinenfab[rik]
Gera-R. 2

PUMPEN

für alle Leistungen in erstklassiger Ausführung

Maschinenfabrik Oddesse
G. m. b. H.
Oschersleben-Bode

PUMPEN

Kreiselpumpen für alle Leistungen

Rotierende Kolbenpumpen für dickflüssige Stoffe wie Teer, Lack, Leim, Melasse, Bitumen usw.

Gebr. Ritz & Schweizer
Schwäb.-Gmünd a. R.

PUMPEN

SIHI Pumpen sind:
1. selbstansaugende Kreiselpumpen,
2. rotierende Luftpumpen, 99,6% Vac.

Siemen & Hinsch
Itzehoe 11 Holstein

PUMPEN

Spez. seit 1904: KREISELPUMPEN als Wasserhaltungen Preßpumpen Abteufpumpen Speisepumpen Heizungspumpen Schlammpumpen Oel- und Saftpumpen autom. Hauswasserpumpen

Weise Söhne, Halle, S.
Aachen / Berlin / Breslau / Dortmund / Dresden / Düsseldorf
Frankfurt a. M. / Hamburg
Hannover / Madrid / Mailand

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

W

WAAGEN

Eisenbahngleiswaagen
Lastauto- und Fuhrwerkswaagen
Automatische Waagen
Laufgewichts- u. Dezimalwaagen
jeder Art und Größe

August Böhmer & Co., Magdeburg
und
Oberschl. Waagenfabrik, Gleiwitz

WAAGEN

Gleis-Waagen, Fuhrwerks-Waagen,
Kran-Waagen,
Laufgewichts-Waagen
aller Art

Fröde & Brümmer, G. m. b. H.,
Siegmar i. Sa.

WÄRMETECHNISCHE MESS-INSTRUMENTE

ASKANIA

ASKANIA-WERKE A.G.
BAMBERGWERK
BERLIN FRIEDENAU
KAISERALLEE 87/88

WASSERMESSER

Flügelradmesser „Optima" D.R.P., Volumen- und Woltmannmesser, Venturimesser mit Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D.R.P., Sonderausführungen für Heißwasser und sonstige Flüssigkeiten.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

WASSERMESSER

für alle Betriebsverhältnisse und alle Verwendungszwecke

Hydrometer A.-G., Breslau III

WASSERREINIGUNG

Filterung, Klärung, Enthärtung, Entkeimung, Entgasung, Enteisenung, Entsäuerung, Entmanganung

Paul Martiny & Co., Dresden A 55

WASSERREINIGUNG

Enthärtung auf Null Grad
mittels automatischer Filtration.
Enteisenung,
Entmanganung,
Mechanische Reinigung,
Entgasung

Permutit Aktiengesellschaft
Berlin NW 6 IV

WASSERREINIGUNGS-ANLAGEN

Enteisenung, Entmanganung, Entsäuerung, Filtration.

BRAMA
Brandenburgische Maschinenbau G. m. b. H.
Berlin-Reinickendorf-West
Waldstr. 14—21

WASSERREINIGUNGS-ANLAGEN

Enteisenung, Filtration

Halvor Breda A.-G., Charlottenbg. 2

WASSERREINIGUNGS-ANLAGEN

Enthärtung, Enteisenung, Filtration

Wasserreinigungsbau-Ges. m. b. H.
Breslau, Neudorfstr. 94

WASSERSTANDS-GLÄSER

aus Durobax- und Felsenglas für höchste Ansprüche. Dieselben mit Reflektorstreifen D. R. G. M.
Reflexionsglasplatten aus Maxos- und Preßhartglas mit festen Hochdruckdichtungen D. R. G. M.

A. Bunnenberg, Düsseldorf.

WASSERSTANDS-HAHNKÖPFE

baut

Carl Vogel
Chemnitz

WASSERSTANDS-REGLER

Fernwasserstandsanzeiger, Alarm-Apparate, Feuerzugregler — für Dampfkessel
Druckregler für Pumpen
Sicherheitsventile f. Speiseleitungen

Wasserstandsregler Patent Emil Hannemann G. m. b. H.
Berlin-Frohnau.

WEICHGUSS-FITTINGS

G·W·H

mit und ohne Rand.
Schwarz und bestens feuerverzinkt.

Gußstahlwerk Wittmann Akt.-Ges.
Haspe i. Wf.

TURBINEN-GEBLÄSE * ROTATIONS-GEBLÄSE
GASSAUGER * PUMPEN

ENKE

ENKE-GEBLÄSE

CARL ENKE G.M.B.H.
SCHKEUDITZ B. LEIPZIG

GRAH LEIPZIG

VDI STELLENGESUCHE VDI

Ingenieur
Deutschböhme, 27 Jahre alt, ledig, Absolv. d. deutsch. T. H. Prag, dzt. Assist. an staatl. Versuchs- und Prüfungsanstalt für landw. Maschinen, ungek., sucht neuen, erw. Wirkungskreis. Vertraut mit Laboratoriums- und Büroarbeit, sowie techn. Korrespondenz.
Angebote erbeten unter E. 2441 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 4028)

Feuerungsingenieur
Spezialist in der Feuerungstechnik, 20 Jahre bei erster Firma der Feuerungstechnik als Ober-Ing. tätig gew., Mitte Vierzig, mit allen Feuerungskonstr., deren Einmauerungen, Verdampfungsversuchen vertraut, in der Verfeuerung aller Brennstoffe bestens bewandert, in der heiztechnischen Beratung firm, tüchtige Reise- und Verkaufskraft, gewandtes sicheres Auftreten, sucht, gestützt auf erstklassige Zeugnisse, leitende Stellung.
Angebote unter Nr. 136 an Ingenieurhilfe, Berlin NW 7, Ingenieurhaus. (2883)

Direktor
großer Maschinen- u. Apparatebauanst., anfangs 40, seit vielen Jahren in leitenden Stellungen im In- und Auslande, wünscht sich in Bälde zu verändern.
Hauptfächer: Allgemeiner Maschinen- u. Apparatebau, Dampfturbinen, Dampfmaschinen u. Dieselmaschinenbau, Eisenkonstrukt. u. Dampfkesselbau. Suchender ist ausgezeichneter Organisator und Werkstättenmann. (2866)
Gesunde und entwicklungsfähige Unternehmungen, denen daran gelegen ist, durch Führung einer energischen, vorwärtsstrebenden Kraft wirklich weiterzukommen, wollen Angeb. unt. U. 2421 an den Verlag dieser Zeitschrift send.

DR.-ING.
29 Jahre, led., stud. in Hann. u. München, Spezial-Gebiet: Hydraulische Maschinen, Gr. theoretische Kenntnisse und betriebstechnische Erfahrung; zuletzt 1 Jahr in den Ver. Staat. bei ersten Firmen tätig gew., beherrscht engl. u. franz. Spr., kaufmännische und organisatorische Fähigkeiten, sucht für vorübergehend (u. U. dauernd) pass. Stellung. (c. 4034)
Angebote unter B. 2460 a. d. Verl. d. Ztschr.

INGENIEUR
Langj. Reiseingenieur einer Weltfirma für Dampfmaschinen, Dieselmotoren u. Glühkopfmotoren, sich. u. gewandtes Auftreten, gute Auffassungsg., an intensive Arbeit gewöhnt, sucht geeigneten Wirkungskreis. (2915)
Angebote erbeten unter D. 2462 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Fabrikdirektor
mit reichen Erfahrungen in Fließarbeit, Massen- und Serienfabrikation, gewandter Konstrukteur und Bauleiter für Fabrik-Neu- und -Umbauten sucht dauernde, selbständige Stellung. (2816)
Angebote unter K. 2368 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Genügen Ihnen die **ERFOLGE** Ihrer Vertretung **in BRASILIEN?**
Wenn nicht, dann fehlt dort ein tüchtiger **INGENIEUR**
der ausschließlich in Ihrem Interesse wirkt, das Land kennt u. die Sprache beherrscht.
Ich erfülle diese Ansprüche und bin befähigt, mich rasch in Ihr Sonderfach einzuarbeiten.
Bisherige Arbeitsgebiete: Wasserkraft, Transport- und Kühlanlagen
Motoren und Lokomobilen
Seit 7 Jahren bei ersten Grosfirmen Deutschlands und Brasiliens erfolgreich tätig. Kautionsfähig. Näheres unt. B 2438 a. d. Verl. d. Zeitschr. (c.4023)

Kaufm. geb. Ingen.
prima Verkäufer d. Elektrobranche u. allg. Maschinenbau, Anfang 40er, in leit. Stellung größ. Masch.-Fabr. im Ausl. tätig gew. Korresp. Holländ., Spanisch, Englisch. Erstkl. Bezieh. m. Holl., Holl.-Indien, Mexiko, Engl. Arbeitsfr. Kraft voll Tatkraft u. Initiat.
sucht leit. Stellung
oder Vertretung evtl. auch im Ausl. oder Beteil. an erstkl. Fa. Angem. Kaution oder Bareinlage disp.
Angeb. unt. Df. H. A. 404 bef. Rudolf Mosse, Düsseldorf. (2889)

Dipl.-Ing.
ledig, 28 Jahre, 2 Jahre Wärme- bzw. Betriebsingenieur in Werken mit Dampfkesselbetrieb, 1 Jahr Kraftfahrzeugkonstruktion, ein Semester aushilfsweise Lehrer an einer privaten technischen Schule, sucht neuen Wirkungskreis. Angebote unter A. 2437 an den Verlag dieser Zeitschrift. (887)

Maschineningenieur 40 Jahre alt, im Besitz erstklassiger Zeugnisse über 9 Jahre Konstruktions- und 7 Jahre Betriebs- und Verwaltungspraxis, Spezialist für maschinelle Einrichtungen auf dem Gesamtgebiet des Wasserbaues und der beweglichen Brücken, mit reichen, langjährigen praktischen Erfahrungen im Triebwerksbau, Kranbau sowie Eisenkonstruktionsbau und Elektrotechnik, mit Kenntnissen in der Massenherstellung, im Werkzeug-Maschinenbau, im technischen Einkauf und Offertwesen, z. Zt.

Oberingenieur der Montageabteilung
in ungekündigter Stellung, sucht selbständigen, leitenden Posten als Direktor, Oberingenieur für Betrieb oder Montage, Reiseingenieur.
Angebote erbeten unter K. 2434 an den Verlag dieser Zeitschrift. (2877)

Dipl.-Ing.
28 J., led., Absolv. d. T. H. Braunschweig, beste Kenntnisse in Konstruktion, Offert. und Akquisition für Dieselmotorenbau und Kühlanlagen, derzeit auf großer Werft des Ostens beschäft., sucht, gestützt auf prima Zeugnisse, sofort and. Wirkungskreis.
Angeb. unt. H. 2444 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 4025)

TECHNIKER
mit techn. und kaufm. Ausbildung und gutem Organisat.-Talent, 4 Jahre prakt. Ausbildung, 6 Semester Technik., 2 Jahre Tätigk. als Konstrukteur, Kalkulator und Kaufmann, wünscht sich bald. zu verändern in entwicklungsfäh. Anstellung. (c. 4037)
Gefl. Angeb. erwünscht u. K. 2468 an den Verlag d. Ztschr.

Übersee
Dipl. Bergingenieur u. Hydrauliker, 45 Jahre, spanisch, engl., sucht leitende Stellg. Uebersee. Off. u. J. U. 817 befördert Rudolf Mosse, Berlin SW. 19. (2868)

Junger Masch.-Ing.
Absolvent des Ilmenauer Technikums, 25 Jahre alt, 7jähriger Werkstattpraxis, befähigter Konstrukteur, flotter und sauberer Zeichner, sucht als Volontär Anfangsstellung im Büro oder Betrieb.
Gefl. Angebote unt. F. 2442 an den Verlag d. Zeitschr. (c. 4027)

Ingenieur
24 J., Obersek.-Reife, 2 Jahre Werkstattpr., 5 Sem. Techn. Ilmenau, sucht Anfangsstell. als
Volontär
in größ. Maschinenfbr. Gefl. Angeb. u. N. 2437 an den Verlag dieser Zeitschr. erb. (c 4021)

VDI STELLENANGEBOTE VDI

Größere Waggonfabrik Mitteldeutschlands
sucht zum baldigen Eintritt
erfahrene Konstrukteure.
Meldungen mit Zeugnisabschriften, Bild, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermins unt. N. 2349 an den Verlag d. Zeitschr. (2795)

Inserat M 1994
Die ausgeschriebene Stellung ist inzwischen besetzt. Den Herren Bewerbern besten Dank. Die Bewerb.-Unterl. werden umg. zurückges. (2918)

Junger Konstrukteur
für Kesselschmiede u. Apparatebau
Nähe Hamburg gesucht.
Ang. unt. D. 2428 a. d. Verl. ds. Ztschr. (2856)

Wir suchen für unsere Abteilung Ölfabrikeinrichtungen einen (2906)
erfahrenen, selbständigen INGENIEUR
welcher im Betriebe einer Ölfabrik tätig gewesen ist und die Ausarbeitung von Projekten und Kostenanschlägen für die Presserei und Raffination vollkommen beherrscht.
Angebote unter G. 2465 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

Für seine Abteilung Eisenkonstruktionen sucht großes Saarhüttenwerk einen energischen, tüchtigen

Betriebsingenieur

der über eine mindestens zehnjährige Praxis in Werkstattführung und Montageleitung verfügt. (2835)

Reflektiert wird auf einen theoretisch und praktisch gut vorgebildeten Herrn, der mit den neuesten Bearbeitungsmethoden, Zeit-, Akkordwesen usw. vertraut ist.

Angebote mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Referenzen, Gehaltsansprüchen und Zeitpunkt des frühesten Eintritts erbeten unter R. 2396 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Lokomotivfabrik

in der Nähe Berlins sucht für den Bau von elektrischen Lokomotiven

mehrere tüchtige Konstrukteure.

Nur Herren, welche wirklich gute Erfahrungen im Lokomotivbau besitzen, werden um Einreichung von ausführlichen Angeboten unter Angabe von Gehaltsansprüchen und des frühesten Eintrittstermins unter Z. 2358 an den Verlag d. Ztschr. gebeten. (2810)

Großfirma

in der Nähe Berlins sucht mehrere tüchtige

Offertingenieure

mit besonderen Erfahrungen im

Dampflokomotivbau.

Ausführliche Bewerbungen mit Lebenslauf und Zeugnisabschriften unter Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermins unter P. 2439 an den Verlag dieser Zeitschrift. (2485)

Jüngerer

Konstrukteur

für hydr. Pressen, mit 3- bis 4jähriger Praxis bei ersten Firmen, gesucht. Eintritt möglichst sofort. (2879)

Fried. Krupp Grusonwerk
Aktiengesellschaft,
Magdeburg—Buckau.

Südwestdeutsche Maschinenfabrik der Förderanlagenbranche sucht

erstklassigen

EISENKONSTRUKTEUR und STATIKER

Nur Herren mit guter Praxis und besten Referenzen wollen sich melden.

Bewerbungen mit Zeugnisabschriften sind einzureichen unter K. 2346 an den Verlag dieser Zeitschrift. (2785)

Bedeutende Maschinenfabrik Mitteldeutschlands sucht mehrere erfahrene (2880)

STATIKER

mit guten theoretischen Kenntnissen zum möglichst baldig. Eintritt. Angebote mit Lichtbild, Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen, Angabe von Referenzen und des ehesten Eintrittstermins erbet. unter „Statiker" L. O. 6379 an Rudolf Mosse, Leipzig.

Zum möglichst sofortigen Antritt oder später (2897)

erster Konstrukteur

für größere Holzbearbeitungsmaschinenfabrik gesucht. Nur Herren mit umfassenden Kenntnissen in der Konstruktion modernster Holzbearbeitungsmaschinen wollen sich bewerben unter Angabe von Gehaltsansprüchen, Beifügung von Zeugnisabschriften und Lichtbild unter R. 2452 an den Verlag d. Zeitschr.

Offert-Ingenieur

für unsere **Baggerbauabteilung**

durchaus erfahren in der Projektierung von Eimerkettenbaggern und möglichst auch kleineren Schwimmbaggern, gewandt in der Korrespondenz und im Verkehr mit der Kundschaft, zum baldmöglichen Eintritt gesucht.

Angebote unter Angabe von Referenzen, des frühesten Eintrittstermins, der Gehaltsansprüche und Beifügung von Zeugnisabschriften erbeten an (2898)

**Eisenwerk Weserhütte A.-G.,
Bad Oeynhausen i. W.**

Wir suchen für unsere Abteilg. Hebezeuge zum mögl. baldigen Eintritt sicher u. selbständig arbeitende

Konstrukteure

mit großer Erfahrung im Hebezeugbau.

Ausführliche Angebote mit Referenzen, Eintrittstermin und Gehaltsansprüchen an Sté. Ame. des Anciens Etablissements Paul Wurth, Luxembourg. (2878)

Gesucht Kalkulat.-Ingenieur

zur Einrichtung und Leitung eines

Fertigungs-Büros

v. größ. Masch.-Fabr. d. Rhlds. mit vielseitig. Arbeitsprogramm (Einzel- u. Reihenfertigung). Bewerber muß eine energ., zielbew. Persönlichkeit m. Organisationstalent sein, üb. große prakt. u. theor. Erfahrungen verfüg., an Hand der v. Konstruktionsbüro gegeb. Unterlagen Vorkalkulationen aufstellen können, die neuzeitl. Bearbeitungsmethod., Arbeitsvorbereitungen und das Akkordwesen durchaus beherrschen.

Bewerb. m. Zeugnisabschr., Lebensl., Lichtb., Gehaltsanspr. unt. F. 2430 an den Verlag d. Zeitschrift. (2853)

Für Harbin (Mandschurei)

wird ein Dipl.-Ing. gesucht mit reichen technischen und kaufmännischen Kenntnissen und Erfahrungen. Gute russische Sprachkenntnisse erforderlich. Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Gehaltsansprüchen und Lichtbild sowie mit Angabe über Staatsangehörigkeit und Familienstand unter L. 2447 an den Verlag d. Zeitschrift. (c. 4080)

Eis- und Kühlmaschinen.

Ein tüchtiger Konstrukteur mit mindestens 3jähr. Büropraxis für Groß- u. Kleinanlagen zum baldigen Antritt gesucht. (2872)

Angeb. mit Werdegang, lückenlosen Zeugnisabschr., Lichtbild, Gehaltsanspr., Referenz. u. früh. Eintrittstermin unter R. 2418 an den Verlag dieser Zeitschrift. (2872)

Große Ostseewerft

sucht für die Bearbeitung von Projekten und der zugehörigen Gewichtsanschläge der Maschinenanlagen v. Dampf- und Motorschiffen einen

INGENIEUR

mit langjähriger Praxis. Es kommt nur ein Herr mit großer Arbeitskraft in Frage, der das genannte Gebiet vollständig beherrscht. Ausführliche Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, Gehaltsforderung und Angabe des frühesten Eintrittstermins sind unter M. 2414 an den Verlag dieser Zeitschrift zu richten. (872)

Große rheinische Waggonfabrik sucht mehrere tüchtige und erfahr.

Konstrukteure

für Straßenbahnwagen. (2861)

Ausführliche Angebote mit Gehaltsansprüchen erbet. unt. A. 2425 an den Verlag dieser Zeitschrift.

Stellengesuche und -Angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.

VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Peter Valerius, Berlin NW 40.
Druckpapier von Ernst A. Geese, Berlin SW 68. Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19.